



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



ETS INGENIERÍA DE CAMINOS,
CANALES Y PUERTOS

TRABAJO DE FIN DE GRADO

ESTUDIO DE SOLUCIONES PARA LA PASARELA SOBRE LA
CARRETERA CV-500 EN PINEDO (VALENCIA) MEDIANTE ANÁLISIS
DEL CICLO DE VIDA Y MÉTODO AHP

Presentado por

García Cárcel, Alberto

Para la obtención del

Grado en Ingeniería Civil

Curso: 2019/2020

Fecha: Julio 2020

Tutor: Víctor Yepes Piqueras

Cotutor: Julián Alcalá González

RESUMEN

En el presente trabajo se realiza un Estudio de Soluciones sobre 4 tipologías de pasarelas: la tipología Warren en arco, la tipología Warren, la tipología de vigas superiores con hormigón armado y la tipología de arco-atirantado (*Bowstring*).

Para obtener criterios que engloben los tres pilares de la sostenibilidad se realiza una comparativa ambiental, social y económica de las 4 tipologías de pasarelas durante su ciclo de vida, para saber cuál es la tipología más conveniente desde el punto de vista de la sostenibilidad. Para poder realizar esta comparativa se utiliza la metodología del Análisis del Ciclo de Vida, de la puerta a la tumba, desde un enfoque ambiental, social y económico, posteriormente los resultados obtenidos con esta metodología se emplean en la toma de decisiones.

Para la selección de la solución, al ser una toma de decisiones multicriterio con criterios cuantitativos y cualitativos se emplea el método *Analytic Hierarchy Process* (AHP), que se traduce como Proceso Analítico Jerárquico en español. Una vez obtenida la mejor alternativa se diseñarán sus equipamientos, además de realizar una relación valorada que abarque todo el ciclo de vida de la alternativa escogida.

RESUM

En el present treball es realitza un Estudi de Solucions sobre 4 tipologies de passarel·les: la tipologia Warren en arc, la tipologia Warren, la tipologia de bigues superiors amb formigó armat i la tipologia d'arc-estirat (*Bowstring*).

Per a obtindre criteris que engloben els tres pilars de la sostenibilitat es realitza una comparativa ambiental, social i econòmica de les 4 tipologies de passarel·les durant el seu cicle de vida, per a saber quina és la tipologia més convenient des del punt de vista de la sostenibilitat. Per a poder realitzar esta comparativa s'utilitza la metodologia de l'Anàlisi del Cicle de Vida, de la porta a la tomba, des d'un enfocament ambiental, social i econòmic, posteriorment els resultats obtinguts amb esta metodologia s'empren en la presa de decisions.

Per a la selecció de la solució, al ser una presa de decisions multicriterio amb criteris quantitius i qualitius s'empra el mètode *Analytic Hierarchy Process* (AHP), que es tradueix com a Procés Analític Jeràrquic en valencià. Una vegada obtinguda la millor alternativa es dissenyaran els seus equipaments, a més de realitzar una relació valorada que comprega tot el cicle de vida de l'alternativa triada.

ABSTRACT

In the present thesis, a Study of Solutions is carried out on 4 types of footbridges: the Warren in arc typology, the Warren typology, the upper beams with reinforced concrete typology and the *bowstring* typology.

To obtain criteria that include the three main points of sustainability, an environmental, social and economic comparison is made of the 4 types of footbridges during their life cycle, to know what the most suitable typology for sustainability is. To make this comparison, we use the methodology of the Life Cycle Analysis, from the beginning to the end, from an environmental, social and economic perspective, using the results obtained with this methodology in decision-making.

For the selection of the solution, the Analytic Hierarchy Process (AHP) method is used as a multi-criteria decision-making process with objective and subjective criteria. Once the best alternative has been obtained, the equipment will be designed, in addition to achieving a valued relationship throughout the life cycle of the chosen alternative.

DOCUMENTOS DEL TRABAJO DE FIN DE GRADO

DOCUMENTO N°1: MEMORIA Y ANEJOS

- 1: MEMORIA
- 2: ANEJOS
 - ANEJO N°1. DEFINICIÓN DE LAS ALTERNATIVAS
 - ANEJO N°2. ANÁLISIS DE CICLO DE VIDA
 - ANEJO N°3. SELECCIÓN DE LA SOLUCIÓN
 - ANEJO N°4. EQUIPAMIENTOS

DOCUMENTO N°2: RELACIÓN VALORADA

DOCUMENTO N°3: PLANOS

- PLANO N°1. SITUACIÓN Y EMPLAZAMIENTO
- PLANO N°2. PLANTA Y ALZADO GENERAL PROYECTO BASE
- PLANO N°3. ALZADO ALTERNATIVA 1
- PLANO N°4. ALZADO ALTERNATIVA 2
- PLANO N°5. ALZADO ALTERNATIVA 3
- PLANO N°6. ALZADO ALTERNATIVA 4
- PLANO N°7. SECCIÓN TRANSVERSAL ALTERNATIVA 1
- PLANO N°8. SECCIÓN TRANSVERSAL ALTERNATIVA 2
- PLANO N°9. SECCIÓN TRANSVERSAL ALTERNATIVA 3
- PLANO N°10. SECCIÓN TRANSVERSAL ALTERNATIVA 4
- PLANO N°11. PLANTA ALTERNATIVA 1
- PLANO N°12. PLANTA ALTERNATIVA 2
- PLANO N°13. PLANTA ALTERNATIVA 3
- PLANO N°14. PLANTA ALTERNATIVA 4
- PLANO N°15. TIPOLOGIAS DE PILAS
- PLANO N°16. PERFILERÍA ALTERNATIVA 1
- PLANO N°17. PERFILERÍA ALTERNATIVA 2
- PLANO N°18. PERFILERÍA ALTERNATIVA 4
- PLANO N°19. ARMADO LOSA ALTERNATIVA 3
- PLANO N°20. ARMADO MURO ALTERNATIVA 3
- PLANO N°21. GEOMETRÍA SOLUCIÓN FINAL
- PLANO N°22. RAMPA MARGEN OESTE
- PLANO N°23. RAMPA MARGEN ESTE
- PLANO N°24. EQUIPAMIENTOS



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

ESTUDIO DE SOLUCIONES PARA LA PASARELA SOBRE LA CARRETERA CV-500
EN PINEDO (VALENCIA) MEDIANTE ANÁLISIS DEL CICLO DE VIDA Y MÉTODO AHP



DOCUMENTO N.º 1: MEMORIA Y ANEJOS

PRESENTADO POR: ALBERTO GARCÍA CÁRCEL

GRADO EN INGENIERÍA CIVIL

TUTOR: VÍCTOR YEPES PIQUERAS
COTUTOR: JULIÁN ALCALÁ GONZÁLEZ

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS
UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA





ÍNDICE

1.	ANTECEDENTES	8
2.	OBJETIVO	8
3.	NORMATIVA	10
4.	ESTUDIO DE SOLUCIONES.....	10
4.1.	DEFINICIÓN DE LAS ALTERNATIVAS.....	10
4.1.1.	ALTERNATIVA 1: TIPO WARREN EN ARCO	10
4.1.2.	ALTERNATIVA 2: TIPO WARREN.....	11
4.1.3.	ALTERNATIVA 3: HORMIGÓN	12
4.1.4.	ALTERNATIVA 4: TIPO ARCO ATIRANTADO (BOWSTRING).....	12
4.2.	ANÁLISIS DEL CICLO DE VIDA	13
4.2.1.	ANÁLISIS DEL CICLO DE VIDA – AMBIENTAL (ACV-A)	13
4.2.2.	ANÁLISIS DEL CICLO DE VIDA – SOCIAL (ACV-S)	14
4.2.3.	ANÁLISIS DEL COSTE DE CICLO DE VIDA (CCV)	16
4.3.	SELECCIÓN DE LA SOLUCIÓN	16
5.	EQUIPAMIENTOS	19
6.	RELACIÓN VALORADA DE LA ALTERNATIVA	19
7.	CONCLUSIONES	21

ÍNDICE DE FORMAS

FIGURAS

Figura 1. Localización de la pasarela a proyectar. (Fuente: Google Maps).....	9
Figura 2. Pedanías de Pinedo y El Tremolar. (Fuente: Google Maps).	9
Figura 1. Perspectiva general de la pasarela tipo Warren en arco. (Fuente: SAP2000).....	11
Figura 2. Perspectiva general de la pasarela tipo Warren. (Fuente: SAP2000).....	11
Figura 3. Perspectiva general de la pasarela de hormigón. (Fuente: SAP2000).....	12
Figura 4. Perspectiva general de la pasarela tipo arco (bowstring). (Fuente: SAP2000).....	13

TABLAS

Tabla 1. Impactos ambientales agregados. (Fuente: Elaboración Propia)	13
Tabla 2. Agrupación de criterios sociales. (Fuente: Elaboración Propia)	15
Tabla 3. Impactos sociales totales. (Fuente: Elaboración propia)	15
Tabla 4. Costes por metro cuadrado. (Fuente: Elaboración propia)	16
Tabla 5. Pesos finales de todos los subcriterios. (Fuente: Elaboración Propia). ...	17
Tabla 6. Resumen de la ponderación de alternativas. (Fuente: Elaboración Propia)	18
Tabla 7. Puntuaciones finales de las alternativas. (Fuente: Elaboración Propia)..	18

Tabla 8. Coste fases de producción y construcción. (Fuente: Propia)	20
Tabla 9. Coste fases de mantenimiento y demolición. (Fuente: Propia)	20
Tabla 10. Presupuesto Base de Licitación. (Fuente: Elaboración Propia).....	20

DIAGRAMAS

Diagrama 1. Impacto ambiental total por alternativa. (Fuente: Elaboración Propia)	14
Diagrama 2. Impacto social total por alternativa. (Elaboración Propia).....	15
Diagrama 3. Coste total por alternativa. (Elaboración Propia).....	16
Diagrama 4. Puntuación por pilar de cada alternativa. (Fuente: Elaboración propia)	19

ESQUEMA

Esquema 1. Niveles jerárquicos para el problema planteado. (Fuente: Elaboración propia)	17
--	----



1. ANTECEDENTES

En este primer apartado se establecen los antecedentes jurídicos que justifican la necesidad de la realización de este Trabajo Fin de Grado.

El Real Decreto 1393/2007 del 29 de octubre, a partir del cual se establece la ordenación de las enseñanzas universitarias oficiales, modificado por el RD 861/2010 dispone, con carácter general, "...establecen que todos los títulos oficiales concluirán con la elaboración y defensa de un Trabajo Fin de Grado (TFG) o Trabajo Fin de Máster (TFM), según el caso..."

La normativa en aplicación es la Normativa Marco de Trabajo fin de grado y fin de máster de la Universidad Politécnica de Valencia, en la que se establece en el artículo 3 que "los TFG deberán estar orientados a la aplicación y evaluación de competencias asociadas al título" y "consistiran en la realización de un trabajo o proyecto original en el que queden de manifiesto conocimientos, habilidades y competencias adquiridas por el estudiante a lo largo de sus estudios y, expresamente, las competencias asociadas a la materia TFG, tal y como se indique en la memoria de verificación".

La evaluación del TFG, se realizará mediante una defensa grupal del trabajo a través de una plataforma online. Teniendo un tiempo de 40 minutos como máximo y se realizará ante un tribunal formado por un Presidente, Secretario y Vocal de la Comisión Calificadora, los cuales pueden formular preguntas sobre el trabajo que se expone.

Este TFG ha sido elaborado en pareja por los alumnos Alberto García Cárcel y Miguel de Fuenmayor Icardo, para la obtención del Grado en Ingeniería Civil. Se titula "Estudio de soluciones para la pasarela sobre la carretera CV-500 Pinedo (Valencia) mediante Analisis de Ciclo de Vida y metodo AHP". El título fue solicitado en junio de 2020 y fue aprobado por la Comisión Académica de Título (CAT).

Su tutor académico es Víctor Yepes Piqueras, miembro del Departamento de Ingeniería de la Construcción y de Proyectos de Ingeniería Civil (DICPIC), y su cotutor es Julián Alcalá González, miembro del Departamento de Ingeniería de la Construcción y de Proyectos de Ingeniería Civil (DICPIC).

Fue entregado y depositado en julio de 2020.

2. OBJETIVO

El objetivo de este Trabajo de Fin de Grado es la realización de un Estudio de Soluciones para la pasarela ubicada sobre la carretera CV-500 en Pinedo (Valencia).

Se ha escogido la pasarela ubicada en Pinedo, muy próxima a El Tremolar, cruzando la carretera CV-500. Porque actualmente ya existe una pasarela de uso peatonal de 2 m de anchura pero esta estructura no cumple las condiciones mínimas de pendiente en las rampas laterales de acceso ni con la seguridad adecuada para albergar en el mismo espacio tanto a ciclistas como a peatones, por lo que se demolerá y se construirá una nueva pasarela para adaptarla a la circulación conjunta tanto de peatones como de ciclistas.



Figura 1. Localización de la pasarela a proyectar. (Fuente: Google Maps).

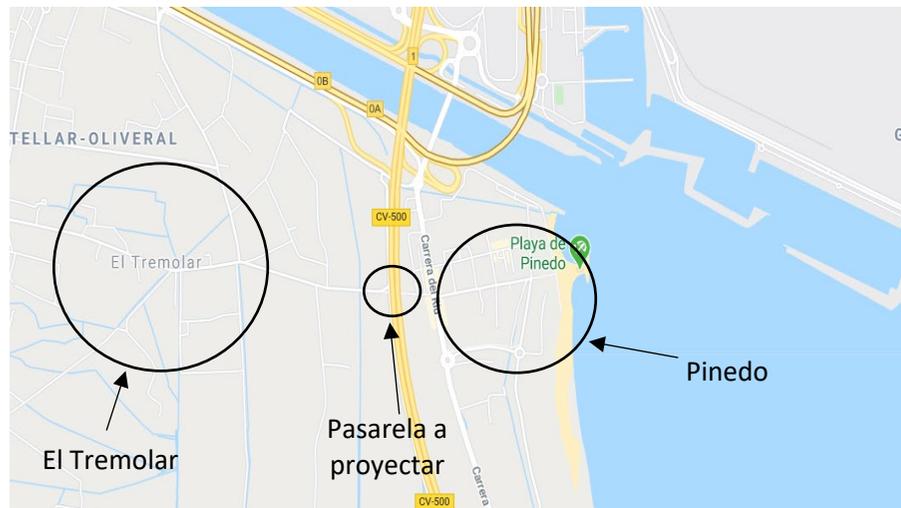


Figura 2. Pedanías de Pinedo y El Tremolar. (Fuente: Google Maps).

Además decir que no se busca el diseño de una pasarela similar a la gran mayoría de pasarelas ubicadas en esta carretera desde la ciudad de Valencia hasta Sueca, ya que son estructuras muy similares geométrica y estructuralmente. Si no que se busca el diseño de una pasarela diferenciadora y de referencia de toda la zona sur de la provincia de Valencia y que además cumpla con criterios de sostenibilidad.

Por lo que en este Trabajo de Fin de Grado un aspecto muy importante y el cual se debe asegurar es que las alternativas planteadas se analicen teniendo en cuenta los tres pilares de la sostenibilidad que son:

- El pilar económico
- El pilar ambiental
- El pilar social

Además no solo se analiza la construcción de las pasarelas, sino que se tiene en cuenta todo el ciclo de vida de las estructuras, ya que estas permanecen durante los años. De manera que se estudiarán las fases de producción, construcción, mantenimiento y demolición de todas las alternativas.

Para poder conseguir todo ello se utilizará un método de análisis multicriterio, en el que se consideraran una gran cantidad de criterios económicos, ambientales y sociales. Obtenidos todos ellos a partir del Análisis del Ciclo de Vida Ambiental, del Análisis del Ciclo de Vida Social y del Análisis del Costes del Ciclo de Vida de las diferentes alternativas.

3. NORMATIVA

La normativa aplicada a lo largo de este trabajo a sido la siguiente:

- Norma UNE-EN ISO 14044:2006 (2006b): Gestión ambiental. Análisis del ciclo de vida. Requisitos y directrices.
- Norma UNE-EN ISO 14040:2006 (2006a): Gestión ambiental. Análisis del ciclo de vida. Principios y marco de referencia.
- *Guidelines for social life cycle assessment of products (2009)*.
- *The Methodological Sheets for Subcategories in Social Life Cycle Assessment (2013)*.
- UNE-EN 60300-3-3 (2009): “Gestión de la confiabilidad-Guía de aplicación-Cálculo del coste del ciclo de vida”.
- ISO 15686-5:2017 (2017): “*Buildings and constructed assets – Service life planning – Life cycle costing*”.
- BS 8544:2013 (2013): “*Guide for life cycle costing of maintenance during the in use phases of buildings*”. Es una norma a nivel internacional.
- Instrucción 5.2-IC. Drenaje superficial. (2016).

4. ESTUDIO DE SOLUCIONES

En este apartado se plantean y analizan las diversas alternativas con la finalidad de escoger la mejor alternativa respecto a la sostenibilidad y teniendo en cuenta

el ciclo de vida de las estructuras. Por ello la realización de este capítulo se divide en 3 apartados.

4.1. DEFINICIÓN DE LAS ALTERNATIVAS

Se plantean 3 soluciones en acero estructural y 1 solución en hormigón armado. La definición en detalle de las diversas alternativas se encuentra en el **ANEJO N.º1 DEFINICIÓN DE LAS ALTERNATIVAS**.

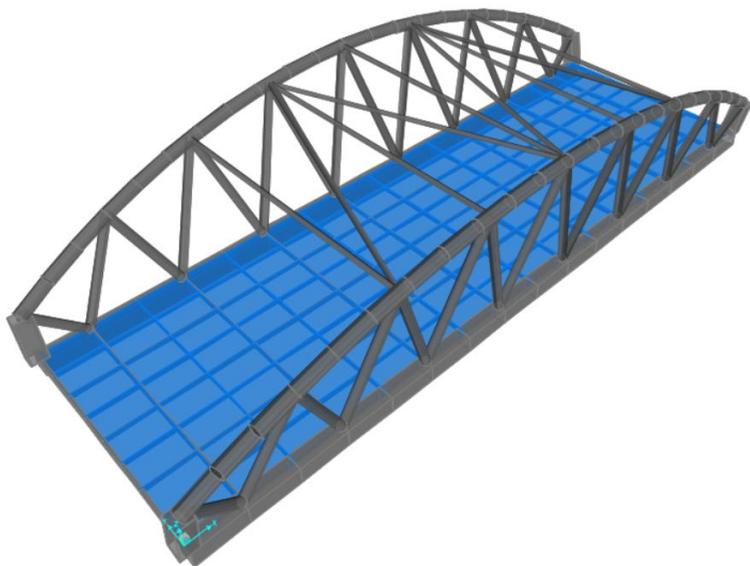
4.1.1. ALTERNATIVA 1: TIPO WARREN EN ARCO

La alternativa 1 se plantea en acero y es una pasarela en celosía tipo Warren en arco con tablero inferior que consta de dos tramos de unos 20 m separados entre sí por dos pilas intermedias ubicadas entre los dos sentidos de circulación de la carretera CV-500.

En cada uno de estos tramos, los arcos son de sección circular constante. Están inclinados 10 grados respecto a un plano vertical y, para conectar ambos arcos, se disponen vigas de arriostramiento de sección circular. La unión entre cada uno de los arcos y el tablero se materializa a través de unas péndolas rígidas inclinadas de sección circular hueca.

El tablero está formado por dos vigas longitudinales laterales, siendo estas de sección cuadrada hueca. El piso está formado por tres vigas longitudinales y por un conjunto de vigas transversales, formando así un entramado. La separación entre las vigas transversales está modulada de tal forma que coincidan con el final de las péndolas que se unen al tablero.

La altura total de los arcos de 3,6 m y la anchura útil del tablero es de aproximadamente 5,50 m

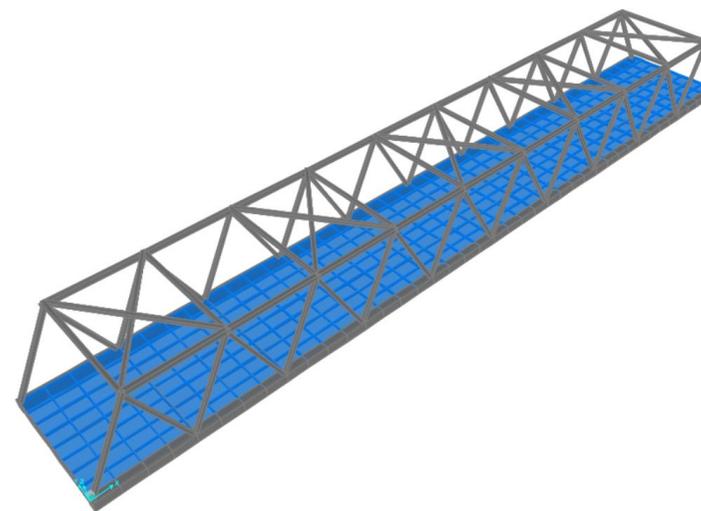


*Figura 3. Perspectiva general de la pasarela tipo Warren en arco.
Dimensiones principales: 20 metros de largo, 5,86 metros de ancho.
(Fuente: SAP2000).*

4.1.2. ALTERNATIVA 2: TIPO WARREN

La alternativa 2 se plantea en acero y es una pasarela en celosía de tipo Warren, con un único tramo de 40 m de longitud.

Cada celosía está compuesta por unas diagonales con una separación de 4 m entre ellas y por un cordón longitudinal superior que une todas las diagonales. Las celosías se unen entre sí a través de unas vigas de arriostramiento formando una "X". Las secciones tanto de los cordones superiores como de las vigas de arriostramiento y las diagonales son cuadradas huecas.



*Figura 4. Perspectiva general de la pasarela tipo Warren.
Dimensiones principales: 40 metros de largo, 5,86 metros de ancho.
(Fuente: SAP2000).*

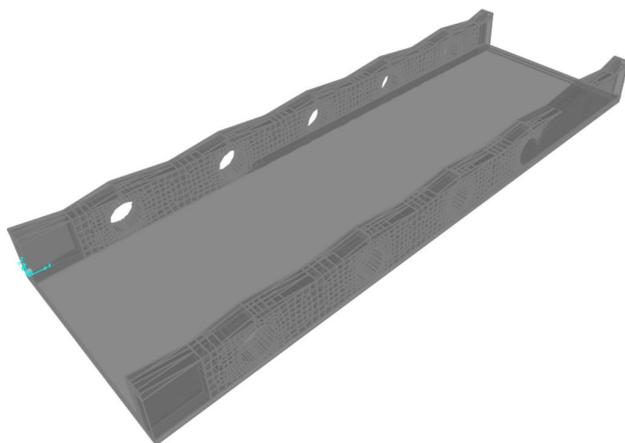
El tablero está formado por una viga longitudinal de sección cuadrada en cada lateral, y el piso por un entramado de vigas longitudinales y transversales. La separación de las vigas transversales está modulada de forma que haya una viga transversal cada vez que llega al tablero una de las diagonales de la celosía.

4.1.3. ALTERNATIVA 3: HORMIGÓN

La alternativa 3 se plantea en hormigón armado mediante construcción in-situ. Esta pasarela es de 40 m en planta en total, pero está separada en dos tramos iguales por dos pilas intermedias ubicadas entre los dos sentidos de circulación de la carretera CV-500.

Es de hormigón armado, y está compuesta por dos vigas longitudinales laterales de canto variable. Cada una de estas vigas tiene en su parte superior una ondulación que se puede observar a lo largo de toda la pasarela.

Por otro lado, las vigas se diseñan con unos orificios de un metro de diámetro para acompañar a las ondulaciones antes descritas, de manera que, en el momento en el que la ondulación llega a su punto máximo, hay un orificio por debajo de él.



*Figura 5. Perspectiva general de la pasarela de hormigón.
Dimensiones principales: 40 metros de largo, 5,86 metros de ancho.
(Fuente: SAP2000).*

4.1.4. ALTERNATIVA 4: TIPO ARCO ATIRANTADO (BOWSTRING)

La alternativa 4 se plantea en acero y es una pasarela de tipo arco atirantado (*Bowstring*), es decir las fuerzas horizontales del arco son transmitidas al tablero, por lo que este trabaja a tracción.

Esta pasarela está formada por un único tramo de 40 m de longitud total, posee en alzado dos planos de arcos de sección circular constante, uno a cada lateral del tablero. Para conectar ambos arcos, se disponen vigas de arriostramiento de sección circular en forma de cruz de San Andrés.

Para unir los arcos con el tablero se disponen cables de acero para pretensar separados unos de otros 2,5 m.

El tablero está formado, por una viga longitudinal en cada lateral y el piso, por un entramado de vigas longitudinales y transversales

Cada una de las vigas transversales que forman el tablero están separadas entre sí con una modulación de 2,5 m, coincidiendo cada una de estas vigas con la llegada de los cables al tablero.

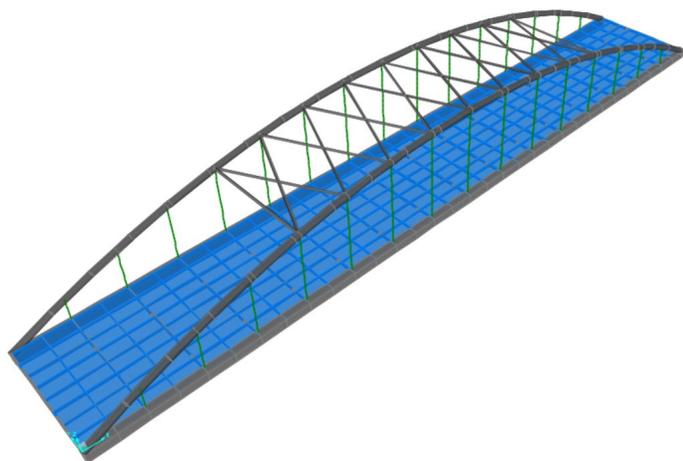


Figura 6. Perspectiva general de la pasarela bowstring.
Dimensiones principales: 40 metros de largo, 5,86 metros de ancho.
(Fuente: SAP2000).

4.2. ANÁLISIS DEL CICLO DE VIDA

La finalidad de este apartado es obtener la valoración de cada uno de los pilares de la sostenibilidad y así obtener los criterios suficientes para poder aplicar un método de análisis multicriterio. Para obtener estos criterios se ha realizado un Análisis del Ciclo de Vida Ambiental, un Análisis de Ciclo de Vida Social y un Análisis de Costes del Ciclo de vida para cada alternativa. La explicación de la metodología seguida y la realización de los Análisis del Ciclo de Vida se encuentra en el **ANEJO N.º2 ANÁLISIS DEL CICLO DE VIDA**.

4.2.1. ANÁLISIS DEL CICLO DE VIDA – AMBIENTAL (ACV-A)

El Análisis del Ciclo de Vida Ambiental se ha utilizado para la evaluación de la sostenibilidad más específicamente de los criterios del pilar ambiental. Para realizar el ACV-A se ha utilizado el software OpenLCA versión 1.10.2. con la base de datos de Ecoinvent, la metodología ReciPe y teniendo en cuenta los requisitos de calidad de los datos y las limitaciones del sistema. La unidad funcional es el metro cuadrado (m²).

Una vez se aplica la metodología del ACV-A se obtienen los impactos agregados en 3 categorías:

- **Ecosistema:** daño que pueden causar al medio ambiente en el sitio de construcción si está próxima a un ecosistema establecido.
- **Salud humana:** daño que pueden causar a la salud humana si se trabaja en entornos urbanos.
- **Recursos:** daño que pueden causar a los recursos de la zona si estos son escasos.

En la Tabla 1 se muestra los impactos agregados por categoría y los impactos totales según cada alternativa.

	Warren arco	Warren	Hormigón	Bowstring
Salud Humana (points)	16,60	19,69	15,44	14,18
Ecosistema (points)	19,14	11,71	34,00	9,01
Recursos (points)	27,46	32,77	19,88	23,17
Total por alternativa	63,20	64,17	69,32	46,36

Tabla 1. Impactos ambientales agregados. (Fuente: Elaboración Propia)

En el Diagrama 1 se puede observar el impacto ambiental total de cada alternativa al final de su ciclo de vida.

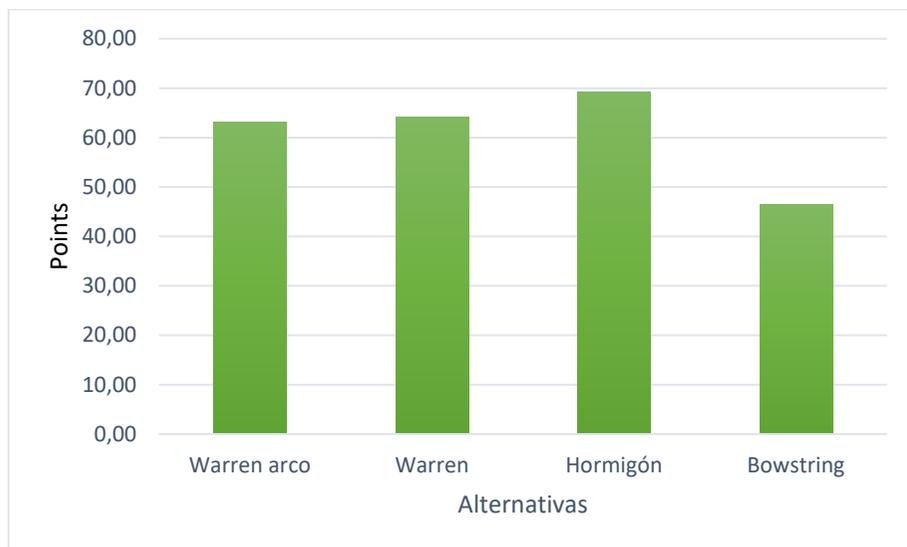


Diagrama 1. Impacto ambiental total por alternativa.
(Fuente: Elaboración Propia)

Como se puede observar en el Diagrama 1 la Alternativa 4, que corresponde con el Bowstring es la alternativa con menos impacto ambiental de todas, mientras que la Alternativa 3 (Hormigón in-situ) es la que mas impacto provoca al medioambiente, aunque las soluciones de tipo Warren también tienen un impacto ambiental muy cercano al de la solución de hormigón. Respecto a estos datos se podría decir que la alternativa más adecuada sin ninguna duda es la Alternativa 4 (Bowstring).

4.2.2. ANÁLISIS DEL CICLO DE VIDA – SOCIAL (ACV-S)

El Analisis del Ciclo de Vida Social se ha utilizado para la evaluación de la sostenibilidad más específicamente de los criterios del pilar social. Para realizar el ACV-S se ha utilizado el software OpenLCA versión 1.10.2. con la base de datos de Ecoinvent-Soca, la metodología Social Impacts Weighting method y teniendo en

cuenta los requisitos de calidad de los datos y las limitaciones del sistema. La unidad funcional es el metro cuadrado (m²).

Una vez se aplica la metodología del ACV-S se obtienen los impactos que pueden verse en la Tabla 2, los cuales se agrupan en 5 categorías. La agrupación en las 5 categorías se encuentra en el apartado 5 del **ANEJO N.º3 TOMA DE DECISIONES**. Las 5 categorías son:

- **Trabajadores:** dentro de este *stakeholder* se tiene en cuenta un criterio muy importante que es la seguridad y salud de los trabajadores durante todo el ciclo de vida de la estructura, Además, también se tienen en cuenta criterios sobre los derechos de los trabajadores
- **Sociedad** dentro de este *stakeholder* se tiene en cuenta criterios relacionados con la educación y la igualdad en la sociedad.
- **Comunidad local:** dentro de este *stakeholder* se tiene en cuenta criterios relacionados con los recursos humanos y materiales próximos a la zona de actuación
- **Consumidores** dentro de este *stakeholder* se tiene en cuenta criterios relacionados con los efectos que provoca la estructura en los consumidores y en el entorno.
- **Actores de la cadena de mando:** dentro de este *stakeholder* se tiene en cuenta criterios relacionados con la competencia inadecuada.

STAKEHOLDER O CATEGORIA	SUBCATEGORIAS
WORKERS	Child Labour, female
	Child Labour, male
	Child Labour, total
	Fair Salary
	Fatal accidents
	Frequency of forced labour
	Gender wage gap
	Goods produced by forced labour
	Non-fatal accidents
	Safety measures
	Violations of employment laws and regulations
	Weekly hours of work per employee
	Workers affected by natural disasters
	Association and bargaining rights
SOCIETY	Education
	Health expenditure
	Illiteracy
	Social security expenditures
	Trade unionism
	Trafficking in persons
	Unemployment
	Youth illiteracy
	Biomass consumption
	DALYs due to indoor and outdoor air and water pollution
LOCAL COMMUNITY	Fossil fuel consumption
	Indigenous rights
	Industrial water depletion
	International migrant stock
	International migrant workers (in the sector/ site)
	Minerals consumption
	Net migration
	Sanitation coverage
	Certified environmental management system
	Drinking water coverage
CONSUMERS	Pollution
	Anti-competitive behaviour and monopoly legislation
	Corruption
VALUE CHAIN ACTORS	

Tabla 2. Agrupación de criterios sociales. (Fuente: Elaboración Propia)

En la Tabla 3 se muestra los impactos sociales por categoría y los impactos totales según cada alternativa.

	Warren arco	Warren	Hormigón	Bowstring	Unidad
Trabajadores	1830,1	2254,8	2019,6	1524,5	Horas de riesgo medio
Actores de la cadena de mando	2618,6	3169,3	3066,4	2169,2	Horas de riesgo medio
Sociedad	5046,7	6221,1	4995,4	4228,8	Horas de riesgo medio
Comunidad Local	3035,2	3698,2	3339,5	2525,8	Horas de riesgo medio
Bowstring	565,3	675,8	594,0	463,6	Horas de riesgo medio
Total por alternativa	13096,0	16019,2	14014,9	10911,9	Horas de riesgo medio

Tabla 3. Impactos sociales totales. (Fuente: Elaboración propia)

En el Diagrama 2 se puede observar el impacto social total de cada alternativa al final de su ciclo de vida.

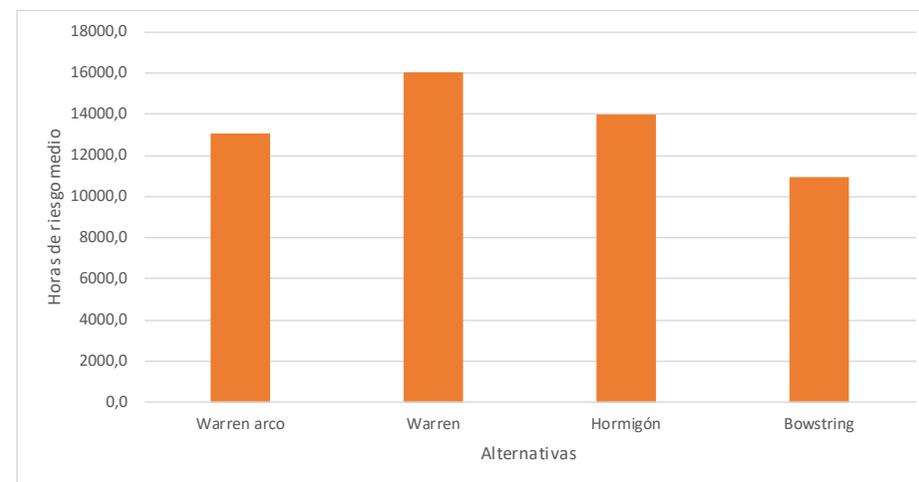


Diagrama 2. Impacto social total por alternativa. (Elaboración Propia)



En el Diagrama 2 se puede observar como los resultados obtenidos en el ACV-S y ACV-A son algo parecidos, ya que la alternativa 4, que corresponde con el Bowstring también es la alternativa con menos impacto social de todas, pero en este caso la Alternativa 2 (Warren) es la que más impacto provoca a la sociedad, aunque la Alternativa 3 (Hormigón) también tienen un impacto cercano. Por otro lado, la Alternativa 1 (Warren en arco) tiene un impacto intermedio entre la mejor y la peor.

4.2.3. ANÁLISIS DEL COSTE DE CICLO DE VIDA (CCV)

El Analisis de Coste del Ciclo de vida Social se ha utilizado para la evaluación de la sostenibilidad más específicamente de los criterios del pilar económico. Para realizar el CCV se ha utilizado el software Excel con la base de precios de BEDEC, la metodología escogida ha sido Coste del Ciclo de Vida más Bajo (CCV-B) y teniendo en cuenta los requisitos de calidad de los datos y las limitaciones del sistema. La unidad funcional es el metro cuadrado (m²).

En la Tabla 4 se muestra los valores del CCV por metro cuadrado de cada fase del ciclo de vida y los costes totales de cada alternativa.

	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	Alternativa 4
C.Procucción y Transporte (€)	188,4	223,0	93,4	153,8
C.constucción (€)	115,0	119,7	86,6	83,6
C.Mantenimiento (€)	123,3	124,4	159,5	122,2
C.Demolición y Transporte (€)	33,4	33,9	84,0	28,4
Total (€)	460,1	500,9	423,6	388,1

Tabla 4. Costes por metro cuadrado. (Fuente: Elaboración propia)

En el Diagrama 3 se puede observar el coste total por metro cuadrado de cada alternativa al final de su ciclo de vida.

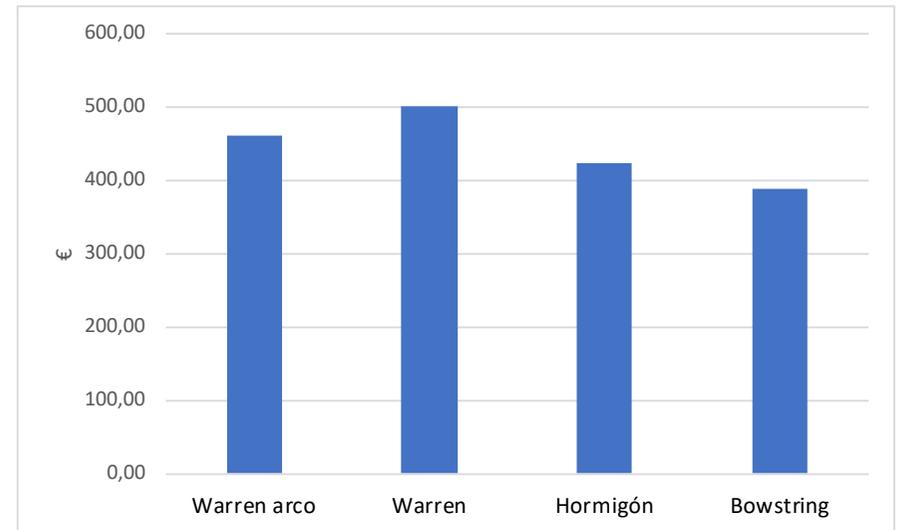


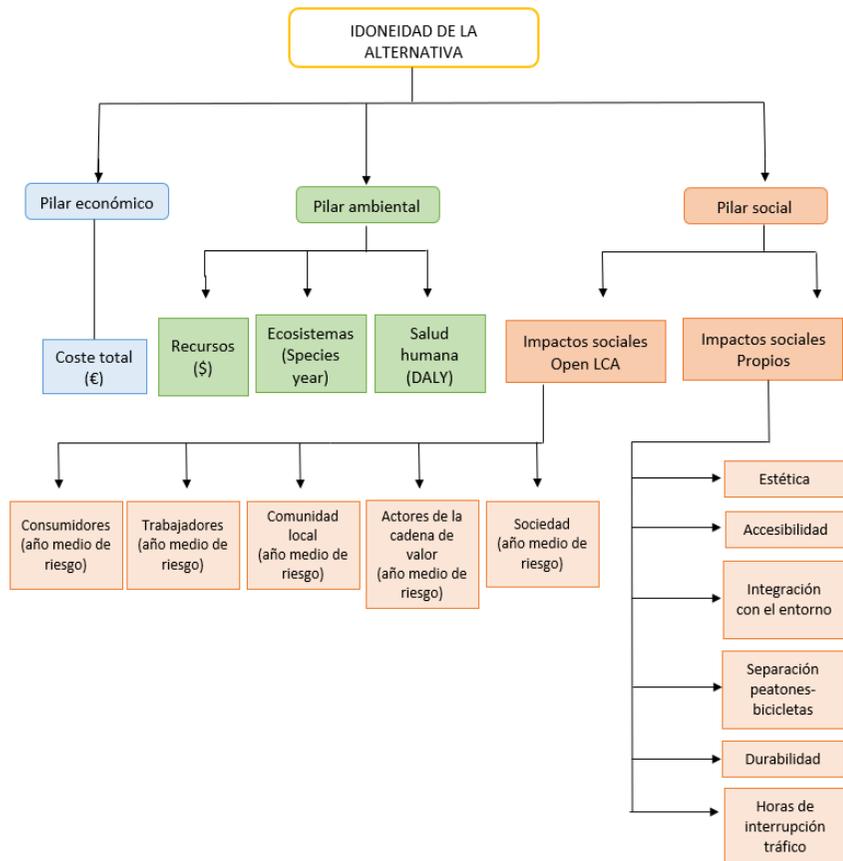
Diagrama 3. Coste total por alternativa. (Elaboración Propia)

En este diagrama se puede ver que la alternativa 4, que corresponde con el Bowstring es la alternativa con menos coste por metro cuadrado de todas, mientras que en este caso la Alternativa 2 (Warren) es la que más costes tiene, aunque la Alternativa 1 (Warren en arco) también tienen un coste cercano. Por otro lado, la Alternativa 3 (Hormigón) tiene un coste próximo a la Alternativa 4.

4.3. SELECCIÓN DE LA SOLUCIÓN

Una vez definidas las alternativas y realizado el Analisis de Ciclo de Vida de alternativa, se procede a la selección de la solución, es decir obtener cual de las 4 alternativas es la más idonea teniendo en cuenta la sostenibilidad y el ciclo de vida. Para ello, se utiliza el metodo de analisis multicriterio Proceso Analítico Jerárquico (AHP), que mediante la consideracion de criterios que reflejen los tres pilares de

la sostenibilidad y la evaluación de estos por la comparación por pares se obtienen los pesos de cada criterio y con ello se puede obtener cual es la alternativa más idonea. La aplicación en detalle del método AHP se encuentra en el **ANEJO N.º3 TOMA DE DECISIONES**. En el siguiente esquema se observa el primer paso de la jerarquización del problema con los criterios y subcriterios.



Esquema 1. Niveles jerárquicos para el problema planteado.
(Fuente: Elaboración propia)

El segundo paso es la ponderación de criterios que se basa en obtener el vector de pesos de cada subcriterio (veasé Tabla 5) a partir de la comparación por pares o de la normalización según el criterio sea cualitativo o cuantitativo.

Criterios	Peso criterios	Subcriterios	Peso subcriterios	Peso final		
ECONÓMICO	0,600	C. Producción	0,372	0,223		
		C. Construcción	0,228	0,137		
		C. Mantenimiento	0,299	0,179		
		C. Demolición	0,101	0,061		
AMBIENTAL	0,200	Salud Humana	0,27	0,054		
		Ecosistema	0,30	0,061		
		Recursos	0,42	0,085		
SOCIAL	0,200	Actores de la cadena de mando	0,75	0,138	0,021	
				Consumidores	0,111	0,017
				Sociedad	0,332	0,050
				Trabajadores	0,332	0,050
				Comunidad Local	0,089	0,013
		Estética	0,25	0,260	0,013	
				Accesibilidad	0,058	0,003
				Integración al entorno	0,166	0,008
				Separación peatones-bicicletas	0,051	0,003
				Durabilidad	0,249	0,012
				Horas de interrupción de tráfico	0,216	0,011

Tabla 5. Pesos finales de todos los subcriterios. (Fuente: Elaboración Propia).

El tercer paso es la ponderación de las alternativas que se basa en asignar un peso a cada alternativa en función de cada uno de los criterios. Si el criterio es cualitativo se valora a partir de la comparación por pares, pero si el criterio es cuantificable este se normaliza simplemente. Una vez aplicado lo anterior se obtiene la Tabla 6 en la que se observa los pesos ya normalizados de cada alternativa en función de cada criterio.

Criterio	Subcriterio	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	Alternativa 4
ECONÓMICO	C. Producción	0,197	0,166	0,397	0,241
	C. Construcción	0,214	0,206	0,285	0,295
	C. Mantenimiento	0,265	0,263	0,205	0,267
	C. Demolición	0,281	0,277	0,112	0,330
AMBIENTAL	Salud Humana	0,244	0,206	0,263	0,286
	Ecosistema	0,188	0,307	0,106	0,399
	Recursos	0,227	0,190	0,314	0,269
SOCIAL	Actores de la cadena de mando	0,259	0,223	0,194	0,325
	Consumidores	0,250	0,205	0,244	0,301
	Sociedad	0,252	0,202	0,247	0,299
	Trabajadores	0,251	0,206	0,239	0,303
	Comunidad Local	0,220	0,189	0,195	0,270
	Estética	0,424	0,050	0,103	0,424
	Accesibilidad	0,250	0,250	0,250	0,250
	Integración al entorno	0,236	0,052	0,495	0,217
	Separación peatones-bicicletas	0,250	0,250	0,250	0,250
	Durabilidad	0,150	0,076	0,513	0,261
	Horas de interrupción de tráfico	0,185	0,370	0,074	0,370

Tabla 6. Resumen de la ponderación de alternativas.
(Fuente: Elaboración Propia)

Una vez se tiene todo ello se multiplica la matriz traspuesta de la Tabla 6 por el vector de pesos obtenido en la Tabla 5. Tras haber realizado esta operación se obtiene las puntuaciones globales de cada alternativa según el análisis multicriterio AHP (véase Tabla 7).

	Total	ECONÓMICO (60%)	AMBIENTAL (20%)	SOCIAL (20%)
Alternativa 1	0,231	0,230	0,218	0,251
Alternativa 2	0,213	0,215	0,228	0,191
Alternativa 3	0,267	0,285	0,234	0,244
Alternativa 4	0,285	0,270	0,310	0,306

Tabla 7. Puntuaciones finales de las alternativas.

(Fuente: Elaboración Propia)

Aclarar que la alternativa con más puntuación quiere decir que es la más idónea. Por lo tanto, como se puede observar en la Tabla 7 la alternativa más idónea es la Alternativa 4, es decir, la alternativa del *Bowstring*.

En el aspecto económico se puede concluir que, las soluciones con hormigón in-situ en general son más baratas, pero se deben de tener en cuenta las fases de mantenimiento y demolición ya que estas fases son más costosas en la solución de hormigón que en las de acero estructural.

En el aspecto ambiental se puede concluir que las alternativas que están divididas por una pila intermedia, es decir, la Alternativa 1 y 3 provoca que tengan mayores impactos. Por otro lado, la Alternativa 2 está muy próximas a esas alternativas, porque necesita de mucha cantidad de acero. Y por último la Alternativa 4 es la más idónea porque tiene poca cantidad de acero.

En el aspecto social se puede concluir que la Alternativa 2 es la peor porque necesita de mucha cantidad de acero. Por otro lado, las alternativas que están divididas por una pila intermedia, es decir, la Alternativa 1 y 3 tienen un valor

similar, siendo algo mejor la alternativa de acero. Y por último la Alternativa 4 es la más idónea porque tiene poca cantidad de acero.

En vista de que, aunque las soluciones con hormigón in-situ son en un principio más baratas, si se tienen en cuenta aspectos económicos, ambientales y sociales a lo largo de todo el ciclo de vida de la estructura no son la mejor opción, ya que pueden producir más impactos que las soluciones de acero estructural. En cuanto a los aspectos ambientales y sociales a lo largo de todo el ciclo de vida de la estructura se puede concluir que dependen en gran medida del tipo de estructura de la cantidad de material como del tipo de material que se necesite.

En el Diagrama 4 se puede contemplar la puntuación de cada alternativa según cada pilar de la sostenibilidad.

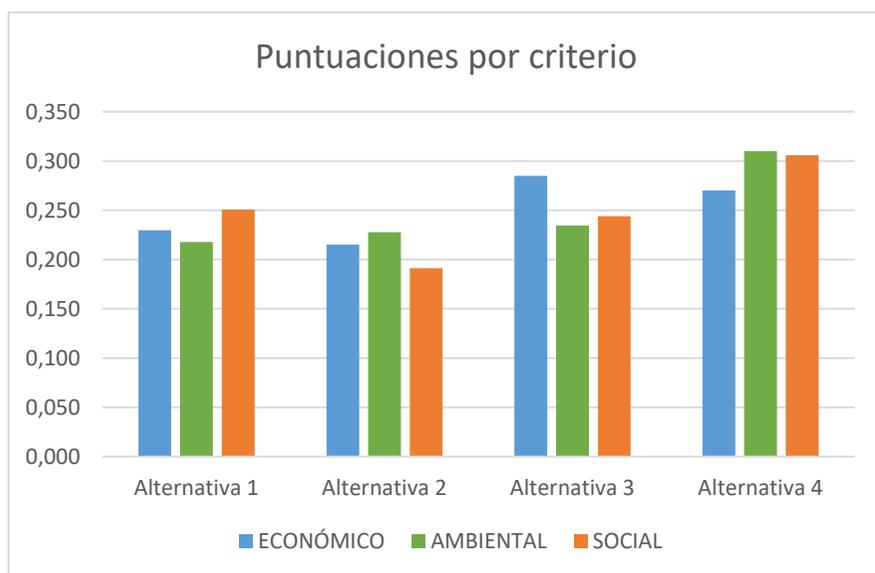


Diagrama 4. Puntuación por pilar de cada alternativa.
(Fuente: Elaboración propia)

Con todo se concluye que la alternativa escogida es la Alternativa 4 (Bowstring).

5. EQUIPAMIENTOS

La elección de los equipamientos de la alternativa escogida, el Bowstring, se encuentra en el **ANEJO N.º4 EQUIPAMIENTOS**.

6. RELACIÓN VALORADA DE LA ALTERNATIVA

En este apartado se expone los datos más importantes de la relación valorada. La exposición en detalle de la relación valorada con el apartado de medición y de justificación de precios unitarios se encuentra en el **DOCUMENTO N.º.2 RELACIÓN VALORADA**.

En la Tabla 8 se observa los precios de todos los capítulos que forman parte de la fases de producción y construcción de la pasarela, además de la importancia en porcentaje de cada capítulo. En la Tabla 9 se observa los precios de todos los capítulos que forman parte de la fases de mantenimiento y demolición de la pasarela, además de la importancia en porcentaje de cada capítulo

Por último en la Tabla 10 se suman los costes totales de las dos tablas anteriores y se obtiene el Presupuesto de Ejecución Material (PEM), el Valor estimado y el Presupuesto Base de Licitación al final de los 100 años de vida útil de la estructura.



Presupuesto de Producción y Construcción del Bowstring			
Código	Capítulo	Importe	%
01.	ACTUACIONES PREVIAS	25.316,30 €	3,80
02.	MOVIMIENTO DE TIERRAS	674,10 €	0,10
03.	EJECUCIÓN SUBESTRUCTURAS	168.225,49 €	25,24
04.	EJECUCIÓN SUPERESTRUCTURAS	207.173,94 €	31,08
05.	EQUIPAMIENTOS	125.729,94 €	18,86
Presupuesto TOTAL de Producción y Construcción		527.119,77 €	

Tabla 8. Coste fases de producción y construcción. (Fuente: Propia)

Presupuesto de Mantenimiento y Demolición del Bowstring			
Código	Capítulo	Importe	%
08.	MANTENIMIENTO	36.412,59 €	5,46
09.	DEMOLICIÓN	103.002,69 €	15,45
Presupuesto TOTAL de Mantenimiento y Construcción		139.415,28 €	

Tabla 9. Coste fases de mantenimiento y demolición. (Fuente: Propia)

PRESUPUESTO BASE DE LICITACIÓN 100 AÑOS	
PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN MATERIAL (PEM)	666.535,05 €
GASTOS GENERALES (15% del PEM)	99.980,26 €
BENEFICIO INDUSTRIAL (6% del PEM)	39.992,10 €
VALOR ESTIMADO	806.507,41 €
IVA(21% del TOTAL)	169.366,56 €
PRESUPUESTO BASE DE LICITACIÓN	975.873,96 €

Tabla 10. Presupuesto Base de Licitación. (Fuente: Elaboración Propia)

El Presupuesto Base de Licitación asciende durante el ciclo de vida completo de 100 años de la Alternativa 4: Arco atirantado (Bowstring) a la cantidad de 975.873,96 €, es decir, de NOVECIENTOS SETENTA Y CINCO MIL OCHOCIENTOS SETENTA Y TRES EUROS CON NOVENTA Y SEIS CENTIMOS.

Firma: Alberto García Cárcel

Fecha: Junio 2020



7. CONCLUSIONES

Tras la realización del Documento Memoria y Anejos y la realización de los documentos adicionales que forman el Trabajo de Fin de Grado “Estudio de soluciones para la pasarela sobre la carretera CV-500 Pinedo (Valencia) mediante Analisis de Ciclo de Vida y metodo AHP”, se considera que se han cumplido los objetivos establecidos.

Los documentos se consideran válidos para formar el Trabajo de Fin de Grado para la obtención del Grado en Ingeniería Civil por parte del autor, por lo que se someten a la aprobación del tribunal de la Comisión Calificadora.

Firma: Alberto García Cárcel

Fecha: Julio 2020



ANEJO N.º 1: DEFINICIÓN DE LAS ALTERNATIVAS

PRESENTADO POR: ALBERTO GARCÍA CÁRCEL

GRADO EN INGENIERÍA CIVIL

TUTOR: VÍCTOR YEPES PIQUERAS

COTUTOR: JULIÁN ALCALÁ GONZÁLEZ

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA





ÍNDICE

1. OBJETO Y ALCANCE DEL ESTUDIO	5	8. SECCIONES TRANSVERSALES	21
2. DATOS PREVIOS	5	9. DESCRIPCIÓN DE LAS PILAS	22
2.1. ESTADO ACTUAL	5	10. CONCLUSIÓN	29
3. CONDICIONANTES	6	11. REFERENCIAS	30
3.1. ACCIONES NATURALES	6		
3.2. VALOR AMBIENTAL DEL ENTORNO	6		
3.3. TRAZADO	7		
3.4. SECCIÓN TRANSVERSAL	7		
3.5. GÁLIBO VERTICAL	8		
3.6. CONSTRUCTIVOS	8		
3.7. INUNDABILIDAD	8		
4. PLANTEAMIENTO DE LAS ALTERNATIVAS	10		
5. ESTADO DEL ARTE	12		
6. DESCRIPCIÓN DE LAS ALTERNATIVAS	15		
6.1. TIPOLOGÍAS EN ACERO	15		
6.1.1. PASARELA TIPO WARREN EN ARCO	15		
6.1.2. PASARELA TIPO WARREN	17		
6.1.3. PASARELA TIPO ARCO ATIRANTADO (<i>BOWSTRING</i>)	18		
6.2. TIPOLOGÍA EN HORMIGÓN	20		
7. RAMPAS DE ACCESO LATERALES	21		



ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Localización de la pasarela a proyectar. (Fuente: Google Maps). 5	Figura 11. Perspectiva general de la pasarela tipo Warren. Dimensiones principales: 40 metros de largo, 5,86 metros de ancho. (Fuente: elaboración propia en SAP2000). 17
Figura 2. Pedanías de Pinedo y El Tremolar. (Fuente: Google Maps). 5	Figura 12. Pasarela tipo Warren. (Fuente: elaboración propia en SAP2000). 18
Figura 3. Ubicación de la pasarela actual. (Fuente: Google Earth). 7	Figura 13. Planta pasarela tipo Warren. (Fuente: elaboración propia en SAP2000). 18
Figura 4. Puente de las Norias (Logroño). (Fuente: Arenas&Asociados, 2008)..... 13	Figura 14. Perspectiva general de la pasarela tipo arco (bowstring). Dimensiones principales: 40 metros de largo, 5,86 metros de ancho. (Fuente: elaboración propia en SAP2000). 19
Figura 5. Puente de la Alameda (Valencia). (Fuente: Google imágenes a, 2020)..... 13	Figura 15. Pasarela tipo arco atirantado (bowstring). (Fuente: elaboración propia en SAP2000). 19
Figura 6. Puente de la Barqueta (Sevilla). (Fuente: Google imágenes b, 2015)..... 14	Figura 16. Planta pasarela tipo arco atirantado (bowstring). (Fuente: elaboración propia en SAP2000). 19
Figura 7. Ejemplo de puente celosía tipo Warren. (Fuente: Google imágenes c, 2017)..... 14	Figura 17. Perspectiva general de la pasarela de hormigón armado in situ. Dimensiones principales: 20 metros de largo, 5,86 metros de ancho (Fuente: elaboración propia en SAP2000). 20
Figura 8. Perspectiva general de la pasarela tipo Warren en arco. Dimensiones principales: 20 metros de largo, 5,86 metros de ancho. (Fuente: elaboración propia en SAP2000). 16	Figura 18. Pasarela de hormigón armado in situ. (Fuente: elaboración propia en SAP2000)..... 20
Figura 9. Pasarela tipo Warren en arco. (Fuente: elaboración propia en SAP2000). 17	Figura 19. Planta pasarela de hormigón armado in situ. (Fuente: elaboración propia en SAP2000)..... 21
Figura 10. Planta de la pasarela tipo Warren en arco. (Fuente: elaboración propia en SAP2000). 17	Figura 20. Sección transversal tipo del tablero. (Fuente: elaboración propia en AutoCAD). 22



Figura 21. Chapa grecada utilizada. (Fuente: elaboración propia en AutoCAD)..... 22

Figura 22. Pila número 1. (Fuente: elaboración propia en AutoCAD)..... 22

Figura 23. Pila número 2. (Fuente: elaboración propia en AutoCAD)..... 23

Figura 24. Pila número 3. (Fuente: elaboración propia en AutoCAD)..... 23

Figura 25. Pila número 4. (Fuente: elaboración propia en AutoCAD)..... 23

Figura 26. Pila número 5. (Fuente: elaboración propia en AutoCAD)..... 24

Figura 27. Diseño en 3D de la Alternativa 1.(Fuente: Elaboración Propia)25

Figura 28. Diseño en 3D de la Alternativa 1.(Fuente: Elaboración Propia)26

Figura 29. Diseño en 3D de la Alternativa 1.(Fuente: Elaboración Propia)27

Figura 30. Diseño en 3D de la Alternativa 1.(Fuente: Elaboración Propia)28

1. OBJETO Y ALCANCE DEL ESTUDIO

El objeto del presente documento es la presentación y definición de cuatro posibles alternativas que se han planteado para llevar a cabo este estudio de soluciones, definiendo cada una de ellas geométrica y estructuralmente. Se pretende desarrollar las diferentes propuestas de pasarela, definiendo la tipología de cada una de ellas, las secciones por las que está formada y las principales diferencias entre unas soluciones y otras.

Este estudio se centra en la definición de las diferentes alternativas y en ningún caso se tienen en cuenta el cálculo de las rampas de acceso lateral ya que estas se llevarán a cabo tal y como se establecen en el proyecto base proporcionado por los profesores.

2. DATOS PREVIOS

2.1. ESTADO ACTUAL

La pasarela que se desea proyectar está ubicada en Pinedo y muy próximo a El Tremolar, cruzando la carretera CV-500. Actualmente, existe una pasarela de uso peatonal de 2 m de anchura perteneciente a varias rutas ciclistas. Esta estructura no cumple las condiciones mínimas de pendiente en las rampas laterales de acceso ni con la seguridad adecuada para albergar en el mismo espacio tanto a ciclistas como a peatones, por lo que se demolerá para adaptarla a la circulación conjunta de estos dos. Se obtiene información acerca de esta estructura a través de documentos y planos otorgados por los profesores, y en estos planos existe un proyecto de realización de unas nuevas rampas de acceso que sustituyan a las ya existentes. Se muestra a continuación la ubicación de la pasarela a proyectar.



Figura 1. Localización de la pasarela a proyectar. (Fuente: Google Maps).

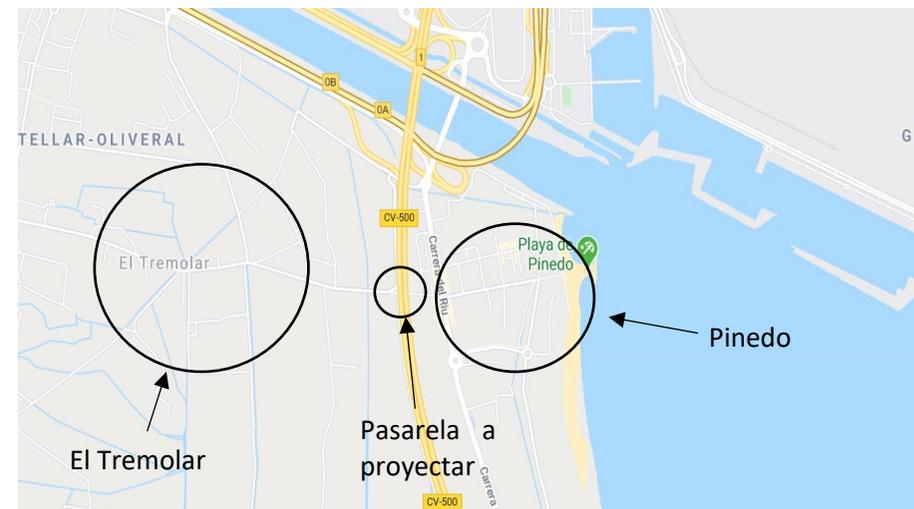


Figura 2. Pedanías de Pinedo y El Tremolar. (Fuente: Google Maps).



Las diferentes alternativas definidas se proyectan con el principal objetivo de demoler el actual paso superior para poder modificarlo completamente y enriquecer el entorno, con el fin de llevar a cabo una estructura que sea apreciable a una distancia considerable y que se convierta en un elemento icónico a recordar para todos aquellos vehículos que circulen por la carretera y todos los usuarios de la pasarela, ya sean peatones o ciclistas. Las rampas laterales de acceso de este nuevo paso superior se adaptan a la morfología de la solución final en base a las rampas de acceso del proyecto ya existente.

Por otra parte, cabe destacar que la gran mayoría de pasarelas ubicadas en esta carretera desde la ciudad de Valencia hasta Sueca son estructuras muy similares geométrica y estructuralmente, por lo que se quiere conseguir el diseño de una pasarela diferenciadora y de referencia de toda la zona sur de la provincia de Valencia.

Se realiza especial hincapié en que las diferentes alternativas a proyectar se diseñen con creatividad, ya que va a estar ubicada en una zona próxima a la ciudad de Valencia y será vista y utilizada por una gran cantidad de población.

3. CONDICIONANTES

Se describen a continuación diferentes condicionantes a tener en cuenta antes de llevar a cabo una definición de las alternativas.

3.1. ACCIONES NATURALES

La estructura deberá soportar principalmente dos tipos de acciones naturales: acciones climáticas y acciones sísmicas.

Las acciones climáticas que debe soportar la pasarela son lluvia, viento, temperatura y en menor medida nieve, al encontrarse la pasarela en una zona con una cantidad de nieve anual prácticamente nula. Se diseñará con el objetivo de que se adapte a las variaciones de longitud debidas a la acción de la temperatura además de dotarle con la capacidad suficiente para evacuar de forma eficaz los pluviales.

Para llevar a cabo el siguiente proyecto no se considera la posible acción sísmica a la que pueda estar sometida la estructura a lo largo de su vida útil, solamente se considerará en el cálculo de las cimentaciones de la estructura.

3.2. VALOR AMBIENTAL DEL ENTORNO

Pinedo es una zona de gran valor ambiental puesto que forma parte de una de las zonas más protegidas de la Comunidad Valencia, L'Albufera. Dicha zona está protegida bajo diferentes figuras normativas y cada una de estas normativas tienen sus propias peculiaridades y exigen unos niveles de conservación distintos. Algunas de estas figuras normativas pueden ser las siguientes (Generalitat Valenciana, 2016):

- Lista de Humedales de Importancia Internacional RAMSAR. A nivel internacional
- Lugar de Importancia Comunitaria (LIC según la directiva Hábitats). A nivel comunitario

- Zona de Especial Protección de Aves (ZEPA según la directiva Aves). A nivel comunitario
- Parque Natural. A nivel regional

También L'Albufera de Valencia tiene una gran importancia en cuanto a la flora y fauna a proteger ya que, según datos del Servicio de Biodiversidad, más de 350 especies orníticas utilizan este ecosistema y de ellas, entre 240 y 250 son visitantes habituales cada año, y son unas 90 las que aquí se reproducen (Generalitat Valenciana, 2015)

Pinedo también cuenta con costa por lo que sus playas también están protegidas desde el 2014 por la norma "ISO 14001. Sistemas de Gestión Ambiental" cuyo objetivo es apoyar la protección ambiental y la prevención de la contaminación en equilibrio con las necesidades socioeconómicas (ISO 14001, 2015).

Pero eso no es todo, ya que a ambos márgenes de la carretera y próximo a la pasarela se ubican unos arrozales y propiedades privadas de elevado valor económico. Con todo ello, resulta necesario buscar una solución que altere lo mínimo posible estas zonas colindantes y a la vez se pueda proteger el entorno de la pasarela.

Además del valor ambiental descrito anteriormente, la pasarela a construir se encuentra en una zona en la que una gran cantidad de usuarios deciden realizar rutas en bicicleta desde Valencia y poblaciones contiguas hasta la playa de Pinedo o hasta L' Albufera, por lo que es visitada por una gran cantidad de usuarios y se debe diseñar con un encaje en el entorno idóneo para ello.

3.3. TRAZADO

El trazado de la pasarela ha de ser necesariamente de tramo recto, ya que si se realizase una pasarela de planta curva no terminaría en la zona destinada para ella y podría afectar a los arrozales y propiedades anteriormente mencionadas. Por lo que respecta a la pendiente longitudinal de la pasarela, para poder asegurar el flujo de agua por los extremos del tablero hasta los puntos de desagüe, se dispone de una pendiente del 1 %, garantizado así el cumplimiento de los caces de evacuación según se explica en el **Anejo Nº 4 Equipamientos**.



Figura 3. Ubicación de la pasarela actual. (Fuente: Google Earth).

3.4. SECCIÓN TRANSVERSAL

Por lo que respecta a la sección transversal de la pasarela, es necesario que esta pueda albergar tanto a peatones como a ciclistas y que ambos hagan uso de esta con la máxima comodidad posible. Para ello se plantea una pasarela de 5 m de anchura útil como mínimo, donde 3 m se destinan al uso ciclista y 2 m al uso peatonal.



Se dispone una pendiente transversal del tablero que, por condiciones de drenaje de pluviales y comodidad de los usuarios, es del 2 % como máximo. En el caso del tramo peatonal, la pendiente transversal es del 2%, mientras que para el tramo destinado a las bicicletas es del 1,5%.

La sección transversal del tablero no puede ser una sección en cajón ya que se va a construir el tablero a la altura máxima que marcan las escaleras, por lo que si se realizase una sección en cajón existiría un desnivel entre las rampas y el tablero.

3.5. GÁLIBO VERTICAL

Otro condicionante importante es la distancia vertical entre la rasante de la carretera CV-500 y la parte inferior de la pasarela a construir. De acuerdo con la normativa “Obras de paso de nueva construcción” (Ministerio de Fomento, 2000), el gálibo vertical mínimo recomendable para pasarelas debe ser de 5 m, por lo que se debe tener en cuenta este condicionante a la hora de escoger la tipología de estructura a construir.

3.6. CONSTRUCTIVOS

En la zona en la que se va a construir la pasarela se dispone de espacio lateral suficiente para llevar a cabo las rampas laterales de acceso. Sin embargo, el hecho de la existencia de una carretera y la necesidad de mantener el tráfico mientras se construye, condiciona el tipo de proceso constructivo a llevar a cabo y la tipología de pasarela a construir para poder interrumpir el menor tiempo posible el tráfico rodado.

Por otro lado, cabe la posibilidad de construir la pasarela con pila intermedia o sin ella, existiendo espacio suficiente para su construcción si

fuese necesario. Además, para evitar tener que eliminar temporalmente parte de la calzada para la construcción de las cimentaciones, se decide que tanto las escaleras como las cimentaciones se desplacen 3 m cada una hacia el exterior para evitar así la interrupción del tráfico, con lo que la pasarela tiene una luz total superior a la estructura ya existente.

3.7. INUNDABILIDAD

Se procede a continuación a estudiar la posibilidad de que la zona en la que se sitúe la pasarela sea inundable a lo largo de su vida útil. Para ello se van a estudiar los mapas de peligrosidad y riesgo de inundación de la zona mediante el plan de acción territorial sobre prevención del riesgo de inundación en la Comunidad Valenciana (PATRICOVA, 2015).

Por un lado, los mapas de peligrosidad de inundación tienen por objetivo establecer el alcance de una posible inundación mediante la delimitación territorial de la zona a estudiar. Esto se realiza para diferentes periodos de retorno y calados máximos alcanzados.

Por otro lado, los mapas de riesgo de inundación representan una estimación de los daños que una posible inundación pueden causar, teniendo en cuenta la vulnerabilidad de las zonas inundables y la población existente.

En el caso de que el riesgo de inundación de la zona fuese elevado sería necesario plantear un plan de gestión del riesgo de inundación y un estudio hidrológico mayor. En este caso y según la página 722 del PATRICOVA, el riesgo de inundación de la zona a estudiar es muy bajo y la peligrosidad de inundación es de nivel 6, es decir, de frecuencia baja (500 años) y con un calado bajo (<0,8m). Todo ello se puede observar en las figuras que a continuación se muestran.



Riesgo de Inundación (Daños/Superficie)

- Muy Alto
- Alto
- Medio
- Bajo
- Muy Bajo

Figura 6. Riesgo de inundación. (Fuente: PATRICOVA, 2015).



Peligrosidad de Inundación

- Nivel 1: Frecuencia alta (25 años) y calado alto (>0.8 m)
- Nivel 2: Frecuencia media (100 años) y calado alto (>0.8 m)
- Nivel 3: Frecuencia alta (25 años) y calado bajo (<0.8 m)
- Nivel 4: Frecuencia media (100 años) y calado bajo (<0.8 m)
- Nivel 5: Frecuencia baja (500 años) y calado alto (>0.8 m)
- Nivel 6: Frecuencia baja (500 años) y calado bajo (<0.8 m)
- Peligrosidad Geomorfológica

Figura 7. Peligrosidad de inundación. (Fuente: PATRICOVA, 2015).



4. PLANTEAMIENTO DE LAS ALTERNATIVAS

Teniendo en cuenta todos los condicionantes anteriormente expuestos, se procede a plantear diferentes tipologías estructurales, sus ventajas e inconvenientes y las principales diferencias entre unas y otras.

Cabe diferenciar en primer lugar los posibles materiales a emplear en la construcción de la pasarela.

Por un lado, las pasarelas metálicas son estructuras muy versátiles que permiten diseños de luces considerables y se pueden llegar a construir con gran rapidez. El principal inconveniente de este material es su precio elevado, además de la acción corrosiva a la que están sometidos por parte de agentes atmosféricos y por la proximidad al mar, con lo que su mantenimiento es más elevado sino se toman las medidas adecuadas en comparación con otros materiales.

Por otro lado, las pasarelas de hormigón son estructuras caracterizadas por su rapidez en el montaje en el caso de escoger elementos prefabricados, además la obtención del hormigón es más barata que otros materiales y tiene un coste generalmente menor en mantenimiento ya que este material es más resistente a los agentes atmosféricos.

El último material propuesto para llevar a cabo la pasarela es la madera. Sin embargo, a pesar de su bajo coste de construcción, se rechaza realizar una alternativa de este material ya que es menos resistente y duradero que los dos anteriores por su sensibilidad a los agentes atmosféricos, comportando esta característica un mantenimiento elevado.

Se diferencian a continuación las principales tipologías constructivas:

- **Pasarelas tipo viga**

Es la forma más sencilla de construcción, al ser una tipología de pasarela que, si se prefabrican sus elementos, el tiempo de montaje y su coste son reducidos. Está compuesta por vigas longitudinales horizontales que se apoyan en dos o más puntos y soportan cargas mediante su capacidad para resistir flexiones.

Como principal ventaja se puede destacar su simplicidad constructiva y coste bajo, mientras que el principal inconveniente de esta tipología es que en la gran mayoría de las ocasiones esta simplicidad constructiva provoca que la estructura no sea atractiva para los usuarios.

- **Pasarelas tipo arco**

Respecto a las pasarelas tipo arco, existen tres tipos de soluciones en función de la posición del tablero respecto al arco: pasarela tipo arco con tablero inferior, con tablero superior o con tablero intermedio. Las últimas dos opciones se descartan ya que el sistema resistente se encuentra por debajo del tablero, por lo que el gálibo vertical no es suficiente para llevarlas a cabo.

Los esfuerzos horizontales transmitidos por el arco requieren de un estribo o elemento de contención resistente. Sin embargo, este problema se puede solucionar mediante una pasarela tipo arco atirantado (*bowstring*), transmitiendo únicamente esfuerzos verticales a los apoyos mediante el funcionamiento de tirante a tracción del tablero.

- **Pasarelas de celosía**

Este tipo de pasarelas se caracterizan por ser constructivamente sencillas, pero económicamente no son las soluciones idóneas al necesitar una gran cantidad de material y soldadura. Además, su carácter industrial no hace que sea la mejor solución estéticamente.



▪ **Pasarelas atirantadas**

Los elementos fundamentales de esta tipología son los tirantes, que son cables rectos que atirantan el tablero proporcionándole unos apoyos intermedios. Además de los tirantes se construyen unas torres, que son necesarias para llevar el anclaje de los tirantes a un punto elevado.

▪ **Pasarelas colgantes**

La última tipología planteada consta de un tablero inferior soportado por unas péndolas ya sean verticales o inclinados que se unen a unos cables laterales que se anclan a un macizo a en los extremos de la estructura.

Para todos los casos propuestos se descartan aquellas posibles soluciones cuyos elementos resistentes se ubiquen por debajo del tablero por condiciones de gálibo, por lo que se descarta en primera instancia una pasarela tipo arco con tablero superior o una solución de pasarela con celosía bajo tablero. Además, en la definición del tablero de la estructura, se descarta un tablero tipo viga cajón, ya que se generaría un desnivel entre el final de las rampas y el inicio del propio tablero.

Se descartan las siguientes tipologías:

- **Pasarela atirantada y colgante:** se descarta por su complejidad constructiva, por el elevado coste que supondría y por la necesidad de parar el tráfico de vehículos durante un periodo largo de tiempo. Además, estas tipologías constructivas son adecuadas para salvar luces mucho mayores que la que se plantea en este trabajo.
- **Pasarela tipo viga inferior:** aunque sea la tipología más sencilla y barata en este caso como ya se ha dicho anteriormente se busca

una pasarela diferenciadora de las que ya se encuentran en la zona. Además, al ubicar las vigas en la parte inferior se debería aumentar la altura de la pasarela para cumplir con el gálibo.

- **Pasarela tipo arco con tablero superior:** se descarta porque al ubicar el arco en la parte inferior puede entorpecer en mayor medida con el paso de los vehículos y por la necesidad de parar el tráfico de vehículos durante un periodo largo de tiempo. Además, estas tipologías constructivas son adecuadas para salvar luces mucho mayores que la que se plantea en este trabajo.
- **Pasarela tipo arco con tablero intermedio:** se descarta porque esta tipología no está pensada para estas luces ni para esa altura de puente.

Se escogen las siguientes tipologías:

- **Pasarela tipo Warren en arco:** se escoge esta alternativa por su sencillez de construcción en obra sin interrupciones del tráfico, por su estética y por sus ventajas para el diseño con las herramientas que disponemos.
- **Pasarela tipo Warren:** aunque esta tipología tenga una estética industrial se escoge por la facilidad de colocación en obra sin interrupciones del tráfico y por sus ventajas para el diseño con las herramientas que disponemos.
- **Pasarela de hormigón armado con vigas superiores:** aunque esta tipología si necesite de la interrupción del tráfico se escoge por su estética y por sus ventajas para el diseño con las herramientas que disponemos.



- **Pasarela tipo arco atirantado (*bowstring*):** se escoge esta alternativa por su sencillez de construcción en obra sin interrupciones del tráfico, por su estética y por sus ventajas para el diseño con las herramientas que disponemos.

5. ESTADO DEL ARTE

Este apartado está destinado a la explicación de la historia y evolución de cada una de las tipologías de pasarela que se van a plantear en este anejo, diferenciando entre las pasarelas tipo Warren en arco, pasarelas tipo Warren, pasarelas de vigas de hormigón y pasarelas tipo *bowstring*. La información expuesta a continuación se ha obtenido en base a los siguientes artículos y documentos: Manterola, 1984. «Evolución de los puentes en la historia reciente» Informes de la Construcción.; Los puentes arco metálicos modernos. Marcos Jesús Pantaleón Prieto, Oscar Ramón Ramos Gutiérrez.; Puentes arco. Evolución y comprensión. Juan José Arenas de Pablo.; Revista de Obras Públicas (2015). Historia de los puentes arco.; Manterola, Javier, & Colegio Oficial de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos de Madrid (2017). Historia de los puentes.; Salvador Monleón Cremades. Apuntes de ingeniería de puentes. Introducción a su historia y concepción.; Revista de Obras Públicas (2018). Juan José Arenas.

- **Pasarelas en arco**

Esta tipología de pasarela se define como un puente cuyos arcos extremos transmiten cargas tanto horizontales como verticales al terreno y pueden estar inclinados respecto a un plano vertical.

Inicialmente, estos puentes fueron construidos por los romanos mediante piedra. Este material era el idóneo para llevar a cabo este tipo de construcciones ya que es un material que trabaja bien a compresión, por lo

que el peso de las diferentes dovelas y la curvatura del arco eran los factores principales que otorgaba estabilidad a la estructura. Los romanos querían que las construcciones fuesen seguras y durables además de sencillas con un proceso racionalizado consiguiéndose esto por medio de la realización de todos los arcos de medio punto ($f/L=1/2$) e idénticos. Las pilas de los puentes arco romanos eran muy robustas para poder garantizar la resistencia frente a los esfuerzos verticales, característica que fue desapareciendo mediante la imposición de pilas más esbeltas. Estas se construían por cuestiones estéticas, además de realizar un arco más rebajado que el de medio punto romano. Este cambio provocaba menos esfuerzos verticales y más horizontales, compensándose de unos arcos a otros e imponiendo un gran estribo en los laterales del puente.

Con la llegada de la Revolución Industrial se comenzaron a construir puentes metálicos de fundición, aunque las características resistentes de estos eran peores que las de los puentes de piedra. Conforme pasaron los años, los ingenieros se dieron cuenta de que era posible construir puentes de mayor luz a través de un nuevo material, el hierro forjado, que años después evolucionó hacia la construcción de puentes metálicos en acero. La construcción de puentes arco de hormigón armado comenzó en 1975 con la pasarela de Chazelet de Joseph Monier, evolucionando hacia técnicas de construcción más precisas como el puente Albert Louppe de Freyssinet y actualmente se emplean y desarrollan técnicas muy avanzadas para poder llevar a cabo estos puentes y poder salvar grandes luces.

Cabe diferenciar las distintas tipologías actuales de puentes arco en relación con la posición del tablero respecto al arco. De esta forma, se pueden distinguir los puentes arco de tablero inferior, de tablero superior o de tablero intermedio. La elección de una u otra tipología viene dada además de por cuestiones estéticas y de gusto del proyectista, por cuestiones de orografía, ya que, en el caso en el que no haya suficiente gálibo por debajo del tablero será necesario disponer un puente arco de

tablero inferior mientras que, si la obra a proyectar se encuentra en una zona muy elevada como un valle o un barranco, se podrá llevar a cabo un puente arco de tablero superior o intermedio.

Hoy en día, la gran mayoría de puentes arco con tablero inferior se construyen con acero, y una característica distintiva entre unas y otras estructuras es el tipo de elementos que se colocan entre el arco y el tablero. Estos elementos trabajan a tracción, por lo que al tratarse de acero es posible disponer secciones pequeñas para que la mayor importancia de la estructura la tenga el elemento resistente principal, el arco. Dichos elementos pueden tener múltiples formas y disposiciones, como pueden ser péndolas rígidas, péndolas flexibles o cables. Estas péndolas y los arcos, como se ha comentado anteriormente, pueden estar inclinadas respecto de un plano vertical con el objetivo de dotar a la estructura de una estética mejor. En el caso que nos ocupa, las principales estructuras en las que se ha basado el diseño son la pasarela de las Norias en Logroño y el puente de la Alameda en Valencia:



*Figura 4. Puente de las Norias (Logroño).
(Fuente: Arenas&Asociados, 2008).*



*Figura 5. Puente de la Alameda (Valencia).
(Fuente: Google imágenes a, 2020).*

En una gran cantidad de casos, el arco transmite esfuerzos axiales de tracción al tablero, trabajando este como un tirante, por lo que el terreno o las pilas correspondientes se liberan de las cargas horizontales transmitidas por el arco. De esta forma y haciendo referencia ahora a la tipología de arco atirantado (*bowstring*), esta tipología no surge directamente de los puentes arco, sino de los puentes de celosía metálica ya que el arco no se apoya en el terreno y le transmite cargas a este, sino que lo hace en el tablero. El terreno, en este caso, solo recibe esfuerzos verticales.



Como ejemplo claro de puente tipo *bowstring* se destaca el puente de la Barqueta (Sevilla):



*Figura 6. Puente de la Barqueta (Sevilla).
(Fuente: Google imágenes b, 2015).*

▪ Pasarelas tipo Warren

La celosía tipo Warren fue patentada en 1848 por James Warren y Willoughby Theobald Monzani y está formada por barras rectas de la misma longitud que trabajan tanto a tracción como a compresión.

Este tipo de estructuras suelen tener carácter industrial y se ha empleado en numerosas ocasiones como puentes de ferrocarril. Al consistir en una estructura cuyos elementos son idénticos en longitud, su construcción suele ser sencilla y rápida a pesar de la gran cantidad de uniones a realizar.



*Figura 7. Ejemplo de puente celosía tipo Warren.
(Fuente: Google imágenes c, 2017).*

▪ Pasarelas de vigas de hormigón armado

Por lo que respecta a los puentes vigas de hormigón, históricamente se han construido dos tipologías diferentes: las de vigas laterales trianguladas por encima del tablero y las de vigas bajo tablero. En ambos casos, las vigas pueden ser de canto constante o variable. Lo más habitual es ver que estas construcciones se realizan por medio de vigas de hormigón armado bajo tablero, pero para mejorar la estética de la pasarela, la alternativa de hormigón armado se ha basado, aunque con otra geometría, en una



pasarela ubicada en París cuyas vigas laterales son trianguladas: el puente de la calle Lafayette (1928):



*Imagen 5. Ejemplo de puente celosía tipo Warren.
(Fuente: Google imágenes d, 2020).*

6. DESCRIPCIÓN DE LAS ALTERNATIVAS

La descripción de las diferentes alternativas propuestas se va a llevar a cabo diferenciando entre las propuestas tipológicas en acero y la propuesta tipológica en hormigón.

Para todas estas alternativas el ancho útil del tablero debe ser de 5 m como mínimo para dar suficiente espacio a la coexistencia de un carril bici de 3 m de anchura y un paso peatonal de otros 2 m útiles. La longitud total de la pasarela ya sea en un tramo o en dos, será de aproximadamente 40 m. La zona peatonal y el carril destinado a las bicicletas quedan diferenciados por

un elemento longitudinal de hormigón prefabricado ubicado en el piso para evitar así posibles accidentes, además de que cada una de estas zonas estará pintada con un color diferente.

6.1. TIPOLOGÍAS EN ACERO

Por lo que respecta a las alternativas en acero propuestas, se plantean tres opciones: una pasarela tipo Warren en arco, una pasarela tipo Warren y una pasarela tipo arco atirantado (*bowstring*).

Para todas las alternativas propuestas en acero se coloca, por encima del entramado que forma el piso, una chapa metálica no colaborante de 44 mm y una capa de hormigón con un mallazo metálico con un espesor total de 12 cm.

En todas estas alternativas, al estar ubicadas muy próximas al mar, se aplica pintura antioxidante para evitar la pérdida de durabilidad por oxidación.

6.1.1. PASARELA TIPO WARREN EN ARCO

La primera alternativa que se plantea en acero es una pasarela tipo Warren en arco con tablero inferior que consta de dos tramos separados entre sí por dos pilas intermedias ubicadas entre los dos sentidos de circulación de la carretera CV-500.

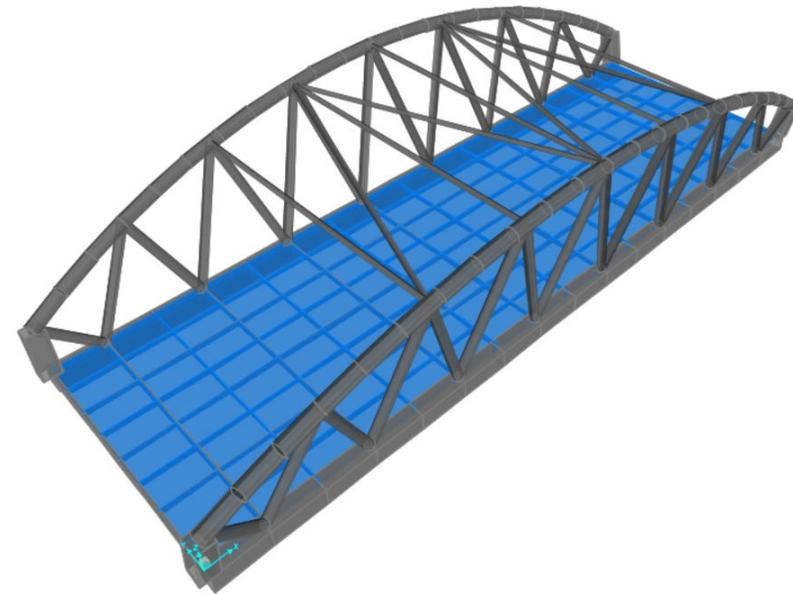
En cada uno de estos tramos, los arcos son de sección circular constante y tienen una longitud en planta aproximada de 20 m. Están inclinados 10 grados respecto a un plano vertical y, para conectar ambos arcos, se disponen vigas de arriostramiento de sección circular. La unión entre cada

uno de los arcos y el tablero se materializa a través de unas péndolas rígidas inclinadas de sección circular hueca.

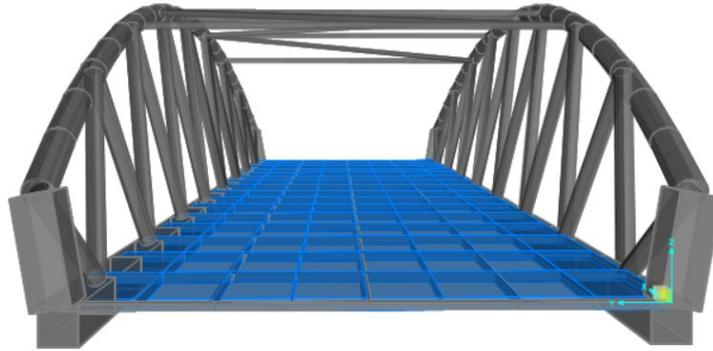
El tablero está formado por dos vigas longitudinales laterales, siendo estas de sección cuadrada hueca. El piso está formado por tres vigas longitudinales separadas 1,465 m entre sí y por un conjunto de vigas transversales con una separación entre ellas de 1,2 m, formando así un entramado. Todas estas vigas que forman el piso del tablero de la pasarela son vigas T80 y la separación entre ellas está modulada de tal forma que coincidan con el final de las péndolas que se unen al tablero.

La unión entre los arcos y el tablero se realiza a través de una viga de apoyo de sección cuadrada ligeramente superior en tamaño a los arcos para que pueda transmitir correctamente las cargas de los arcos al tablero. Estas vigas de apoyo se encuentran también inclinadas 10º respecto a la vertical, estando así los arcos, las péndolas y las vigas de apoyo en un mismo plano.

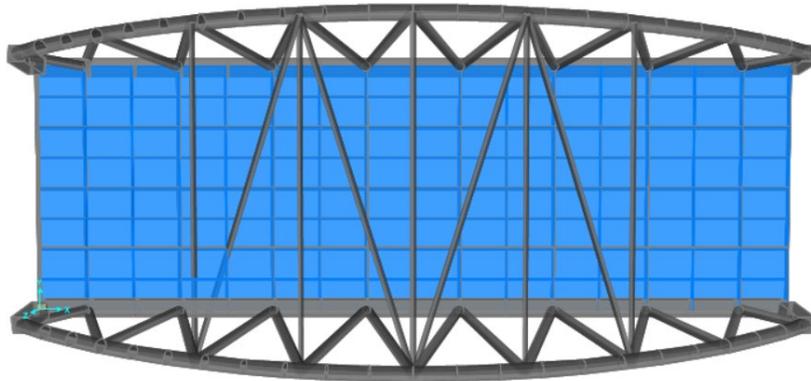
La altura total de los arcos de 3,6 m y la anchura útil del tablero es de aproximadamente 5,50 m. Para llevar a cabo las barandillas de esta pasarela se propone colocar una malla metálica entre los espacios de las péndolas para dar seguridad y evitar todo tipo de accidentes, además de una barandilla con una altura de 1,5 m.



*Figura 8. Perspectiva general de la pasarela tipo Warren en arco.
Dimensiones principales: 20 metros de largo, 5,86 metros de ancho.
(Fuente: elaboración propia en SAP2000).*



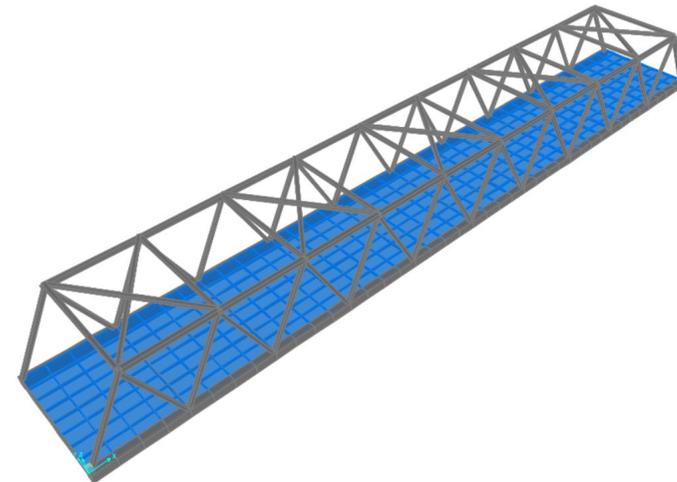
*Figura 9. Pasarela tipo Warren en arco.
(Fuente: elaboración propia en SAP2000).*



*Figura 10. Planta de la pasarela tipo Warren en arco.
(Fuente: elaboración propia en SAP2000).*

6.1.2. PASARELA TIPO WARREN

La segunda alternativa de pasarela planteada es de tipo Warren, con un único tramo de 40 m de longitud y formada por una celosía lateral a cada lado del tablero. Cada una de estas celosías está compuesta por unas diagonales con una separación de 4 m entre ellas y por un cordón longitudinal superior que une todas las diagonales. Las celosías se unen entre sí a través de unas vigas de arriostamiento formando una "X" dispuestas cada 4 m en planta. Las secciones tanto de los cordones superiores como de las vigas de arriostamiento y las diagonales son cuadradas huecas.



*Figura 11. Perspectiva general de la pasarela tipo Warren.
Dimensiones principales: 40 metros de largo, 5,86 metros de ancho.
(Fuente: elaboración propia en SAP2000).*

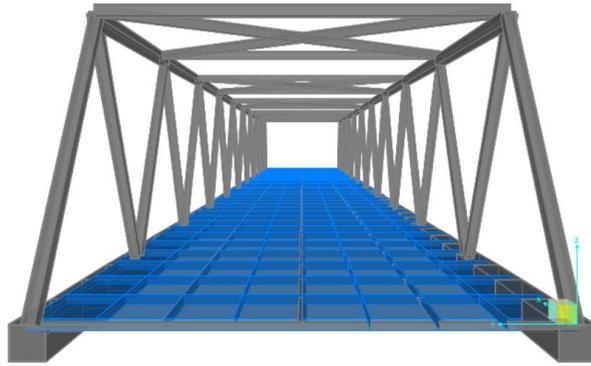


Figura 12. Pasarela tipo Warren. (Fuente: elaboración propia en SAP2000).

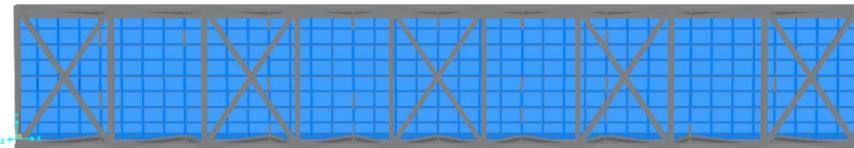


Figura 13. Planta pasarela tipo Warren.
(Fuente: elaboración propia en SAP2000).

El tablero, al igual que en la primera alternativa, está formado por una viga longitudinal de sección cuadrada en cada lateral, y el piso por un entramado de vigas longitudinales y transversales T80 y por encima de estas, un piso formado por una chapa grecada no colaborante, hormigón y mallazo. Las vigas longitudinales están separadas unas de otras de la misma

forma que la alternativa 1 y en el caso de las vigas transversales, la separación está modulada de forma que haya una viga transversal cada vez que llega al tablero una de las diagonales de la celosía.

6.1.3. PASARELA TIPO ARCO ATIRANTADO (*BOWSTRING*)

La última pasarela en acero planteada es de tipo arco atirantado, con la peculiaridad de que en esta tipología las fuerzas horizontales del arco son transmitidas al tablero, que trabaja a tracción y se evita así la transmisión de tensiones horizontales a las pilas.

Esta pasarela, de un único tramo y 40 m de longitud total, posee en alzado dos planos de arcos de sección circular constante, uno a cada lateral del tablero, y uniendo cada arco con el tablero se disponen cables de acero para pretensar Y-1860 S7. Cada cable está formado por 7 alambres de 5 mm de diámetro cada uno y están separados uno de otro 2,5 m.

El tablero está formado, como en los casos anteriores, por una viga longitudinal en cada lateral y el piso, por un entramado de vigas T80 longitudinales y transversales. A diferencia de las tres otras alternativas y por motivos de resistencia y aprovechamiento del material, se dispone una viga transversal IPEAA100 en cada extremo del tablero en vez de una viga T80, ya que el área tributaria de estas vigas extremas respecto a las vigas intermedias se reduce a la mitad y, en este caso, las tensiones son mayores en esta zona del tablero.

Cada una de las vigas transversales que forman el tablero están separadas entre sí con una modulación de 2,5 m, coincidiendo cada una de estas vigas con la llegada de los cables al tablero.

Los arcos, para evitar que se produzcan grandes desplazamientos horizontales, están conectados por su parte superior a través de vigas de arriostramiento de sección circular, alcanzando una altura máxima de 5 m.

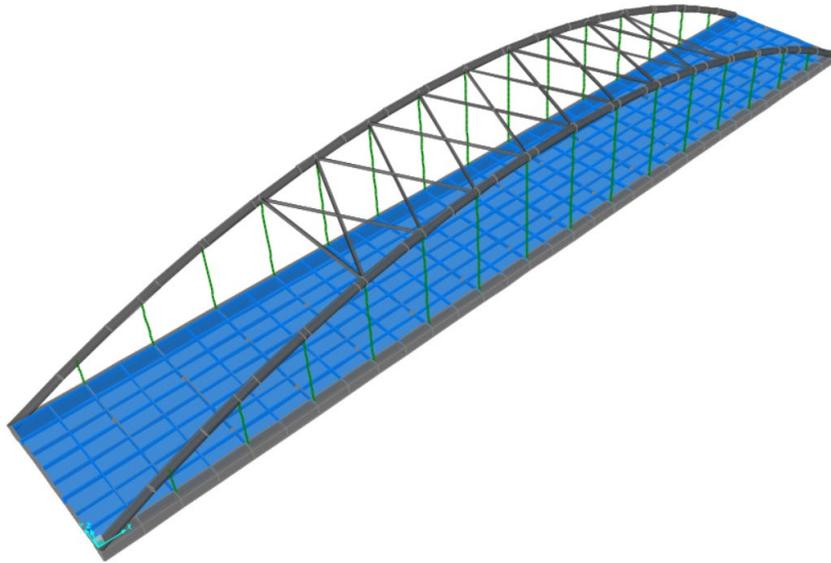


Figura 14. Perspectiva general de la pasarela tipo arco (bowstring).
Dimensiones principales: 40 metros de largo, 5,86 metros de ancho.
(Fuente: elaboración propia en SAP2000).

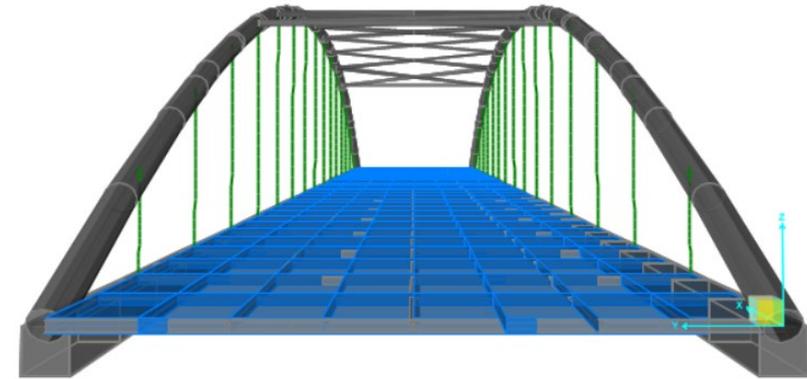


Figura 15. Pasarela tipo arco atirantado (bowstring).
(Fuente: elaboración propia en SAP2000).

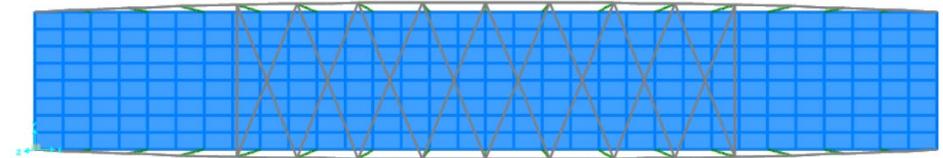
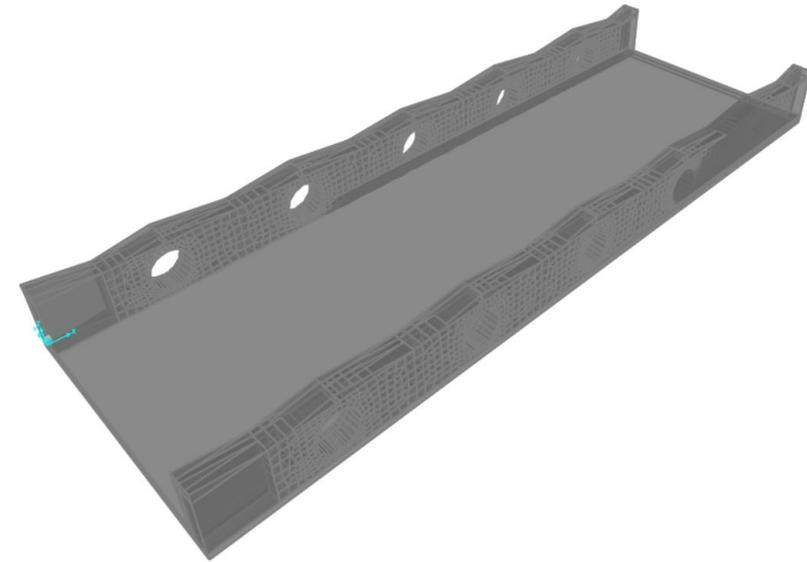


Figura 16. Planta pasarela tipo arco atirantado (bowstring).
(Fuente: elaboración propia en SAP2000).

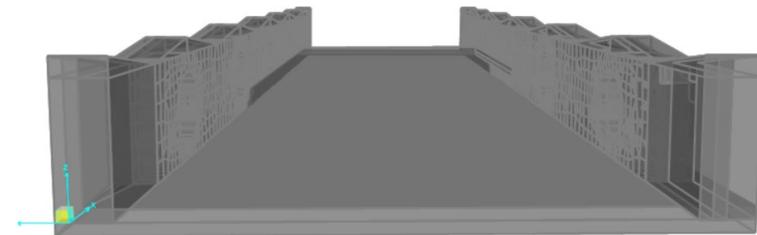
6.2. TIPOLOGÍA EN HORMIGÓN

Además de plantear diferentes alternativas de pasarela en acero, se realiza también una pasarela en hormigón. Esta pasarela es de 40 m en planta en total, pero está separada en dos tramos iguales por dos pilas intermedias.

Es de hormigón armado, y está compuesta por dos vigas longitudinales laterales de canto variable para darle una mejor estética a la solución planteada. Cada una de estas vigas tiene en su parte superior una ondulación que se puede observar a lo largo de toda la pasarela. Por otro lado, las vigas se diseñan con unos orificios de 1 m de diámetro para acompañar a las ondulaciones antes descritas, de manera que, en el momento en el que la ondulación llega a su punto máximo, hay un orificio por debajo de él. Para evitar accidentes por la existencia de estos orificios de diámetro elevado, se plantea colocar una malla metálica.



*Figura 17. Perspectiva general de la pasarela de hormigón armado in situ.
Dimensiones principales: 20 metros de largo, 5,86 metros de ancho
(Fuente: elaboración propia en SAP2000).*



*Figura 18. Pasarela de hormigón armado in situ.
(Fuente: elaboración propia en SAP2000).*



Figura 19. Planta pasarela de hormigón armado in situ.
(Fuente: elaboración propia en SAP2000).

De aquí en adelante se va a seguir la siguiente nomenclatura de las diferentes alternativas:

Pasarela tipo Warren en arco: Alternativa 1.

Pasarela tipo Warren: Alternativa 2.

Pasarela de hormigón in situ: Alternativa 3.

Pasarela tipo arco atirantado (*bowstring*): Alternativa 4.

7. RAMPAS DE ACCESO LATERALES

Las rampas de acceso laterales a la pasarela deben ser elementos que garanticen una cómoda y sencilla transición entre la parte inferior y

superior de la pasarela tanto para peatones como para ciclistas, realizándose de la misma forma para cada una de las alternativas.

Están formadas por un conjunto de placas alveolares de hormigón prefabricado definidas en los planos correspondientes y unidas entre sí por medio de unas zonas de descanso intermedias. Se colocan las mismas rampas que las definidas en el proyecto base, cumpliendo así con las pendientes máximas a disponer. Únicamente se realizan modificaciones en el aspecto estético, cambiando los soportes que sujetan las zonas de descanso y variando las barandillas para adecuarlas a la estética de la zona central de la pasarela.

En cuanto a la pendiente transversal de las rampas de acceso, según la Orden de 9 de junio de 2004 que desarrolla el Decreto 39/2004, estas deben ser como máximo del 1,5 %, diseñándose con esta pendiente transversal. Además, esta Orden también define que el ancho mínimo de las rampas debe ser de 1,80 m, superándose de forma considerable al haber definido las rampas con una anchura de 5,86 m. La pendiente longitudinal de las rampas debe ser, como mínimo, del 6 %, siendo en el caso que nos ocupa de 6,25 %, cumpliendo por lo tanto con la normativa.

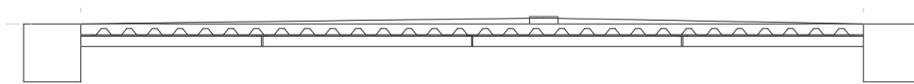
En ningún caso se lleva a cabo el cálculo estructural de las rampas al no ser el objetivo de este proyecto.

8. SECCIONES TRANSVERSALES

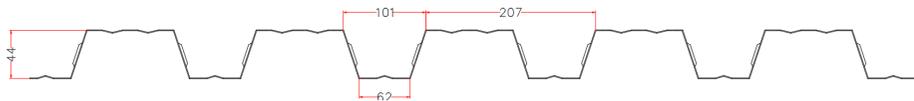
En las diferentes alternativas planteadas en este documento, se diferencian dos tipos de sección transversal, diferenciando entre las estructuras de acero y la de hormigón.

Como se ha mencionado anteriormente, el tablero de las pasarelas en acero está compuesto por dos vigas longitudinales laterales de sección cuadrada hueca. El piso está compuesto por un entramado de vigas longitudinales y transversales, y por encima de estas, una chapa grecada acompañada de hormigón y unas armaduras de reparto.

Se muestra a continuación una sección transversal tipo para estas alternativas además de la chapa grecada empleada:



*Figura 20. Sección transversal tipo del tablero.
(Fuente: elaboración propia en AutoCAD).*



*Figura 21. Chapa grecada utilizada.
(Fuente: Catalogo comercial, 2016).*

Por lo que respecta a la alternativa en hormigón planteada, el piso no está compuesto por vigas ni por chapa grecada, sino que se forma a partir del propio hormigón y las armaduras.

9. DESCRIPCIÓN DE LAS PILAS

El proyecto base de la pasarela incluye unas pilas de martillo sencillas, pero como se ha comentado anteriormente, uno de los principales objetivos de la realización de esta pasarela es conseguir una solución para el uso y disfrute de sus usuarios, por lo que se plantean diferentes tipos de pilas de hormigón armado más estéticas que sean acordes a la pasarela a construir.

En primer lugar, se plantea una diferencia clave. Esta consiste en si se construyen las pilas en paralelo al tráfico o en perpendicular. En el primer caso, se idean las tres siguientes tipologías:

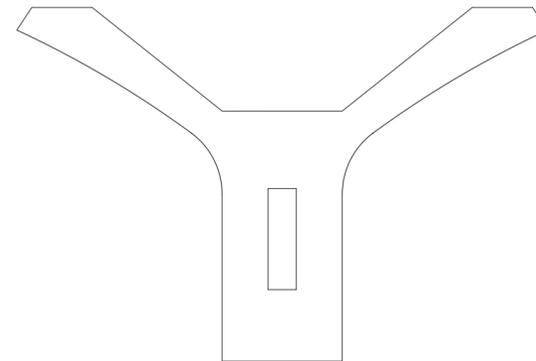


Figura 22. Pila número 1. (Fuente: elaboración propia en AutoCAD).

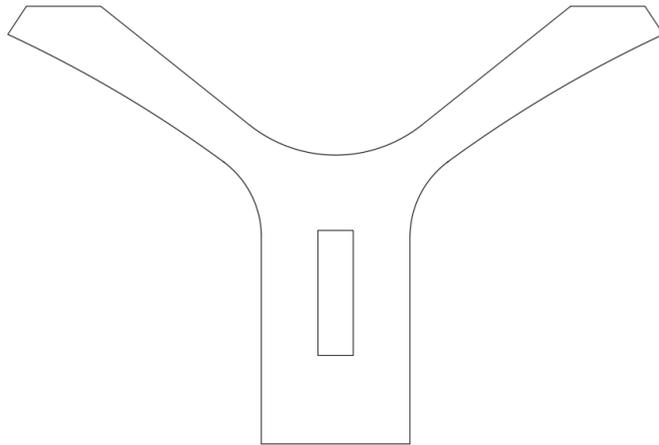


Figura 23. Pila número 2. (Fuente: elaboración propia en AutoCAD).

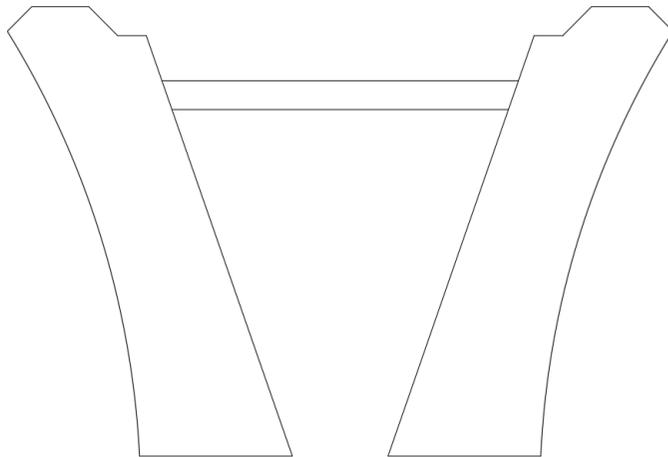


Figura 24. Pila número 3. (Fuente: elaboración propia en AutoCAD).

Para el segundo caso, se exponen los dos siguientes diseños de pilas:

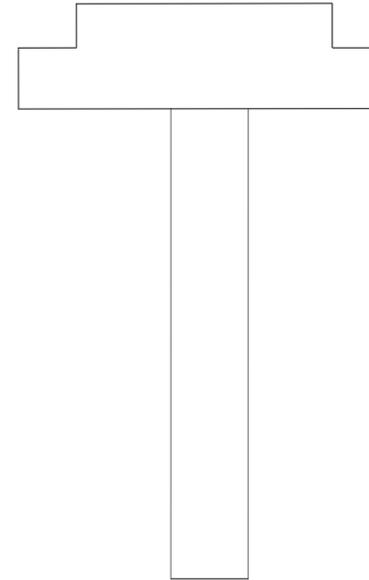
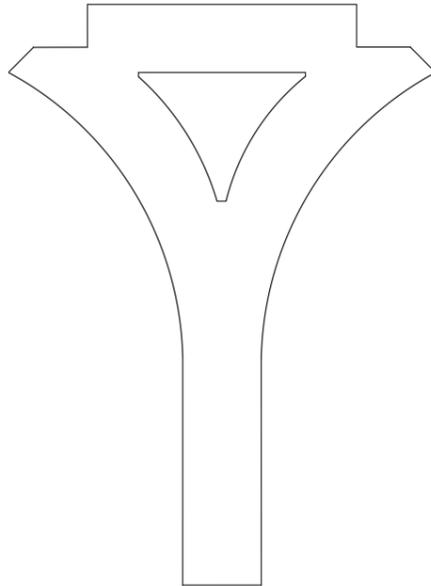


Figura 25. Pila número 4. (Fuente: elaboración propia en AutoCAD).



Tras haber analizado las dos posibles opciones, se escoge una pila que esté ubicada en perpendicular al tráfico ya que si se escogiese la otra opción daría una sensación de acumulación de mucho material en muy poco espacio.

Para la alternativa 1 y la alternativa 4 se escoge la pila número 5 ya que se cree más acorde a estas tipologías, mientras que para las alternativas 2 y 3 se escoge la pila ya existente en el proyecto base (pila número 4).

Figura 26. Pila número 5. (Fuente: elaboración propia en AutoCAD)



Para una mejor comprensión de la geometría y tipología de cada una de las alternativas, se presentan a continuación cuatro imágenes en tres dimensiones que representan a cada una de las pasarelas planteadas:

ALTERNATIVA 1: PASARELA TIPO WARREN EN ARCO

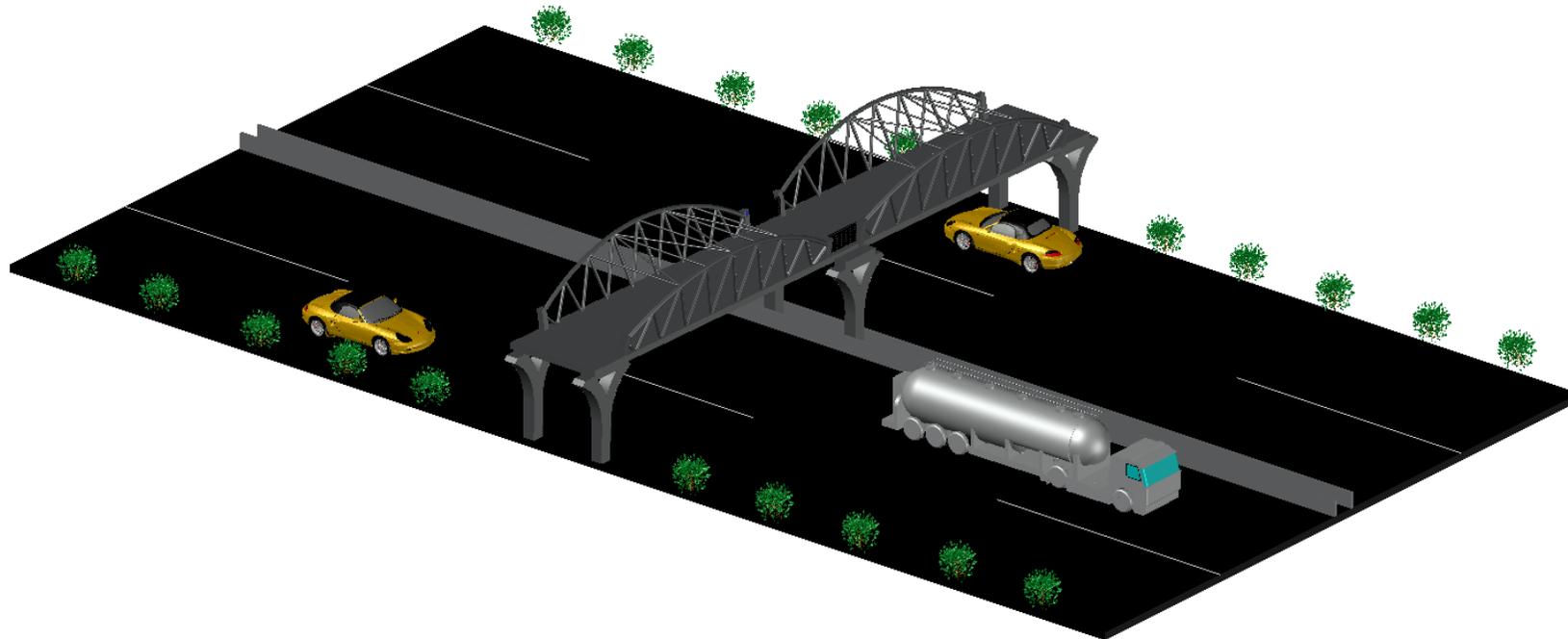


Figura 27. Diseño en 3D de la Alternativa 1.(Fuente: Elaboración Propia)



ALTERNATIVA 2: PASARELA TIPO WARREN

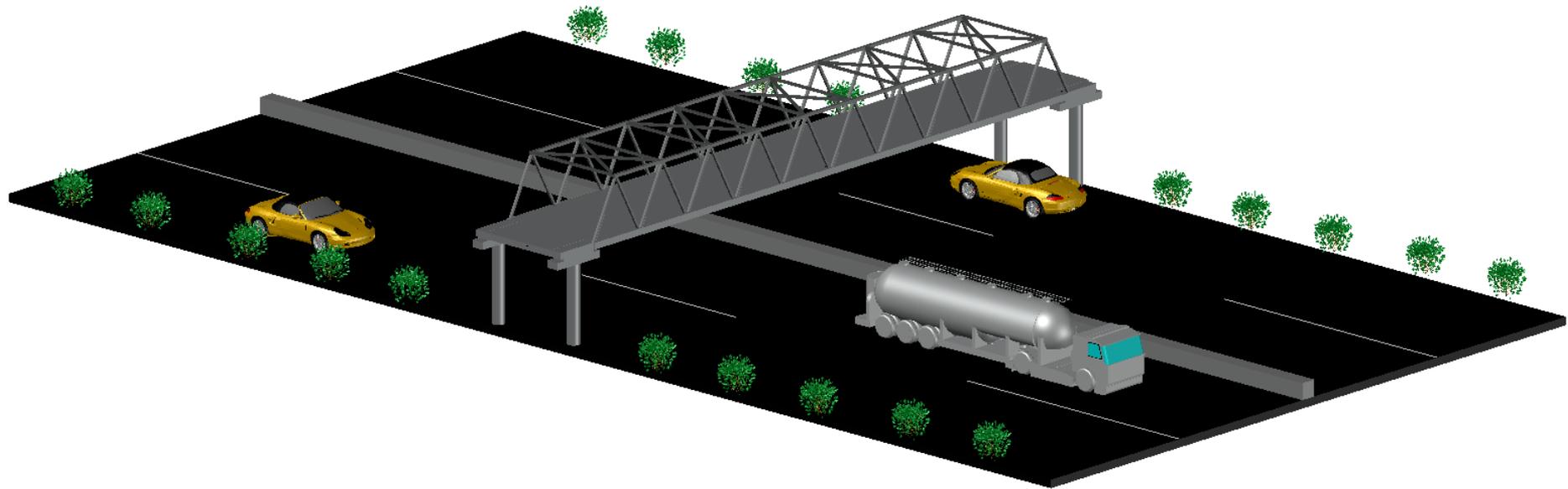


Figura 28. Diseño en 3D de la Alternativa 1. (Fuente: Elaboración Propia)



ALTERNATIVA 3: PASARELA DE HORMIGÓN

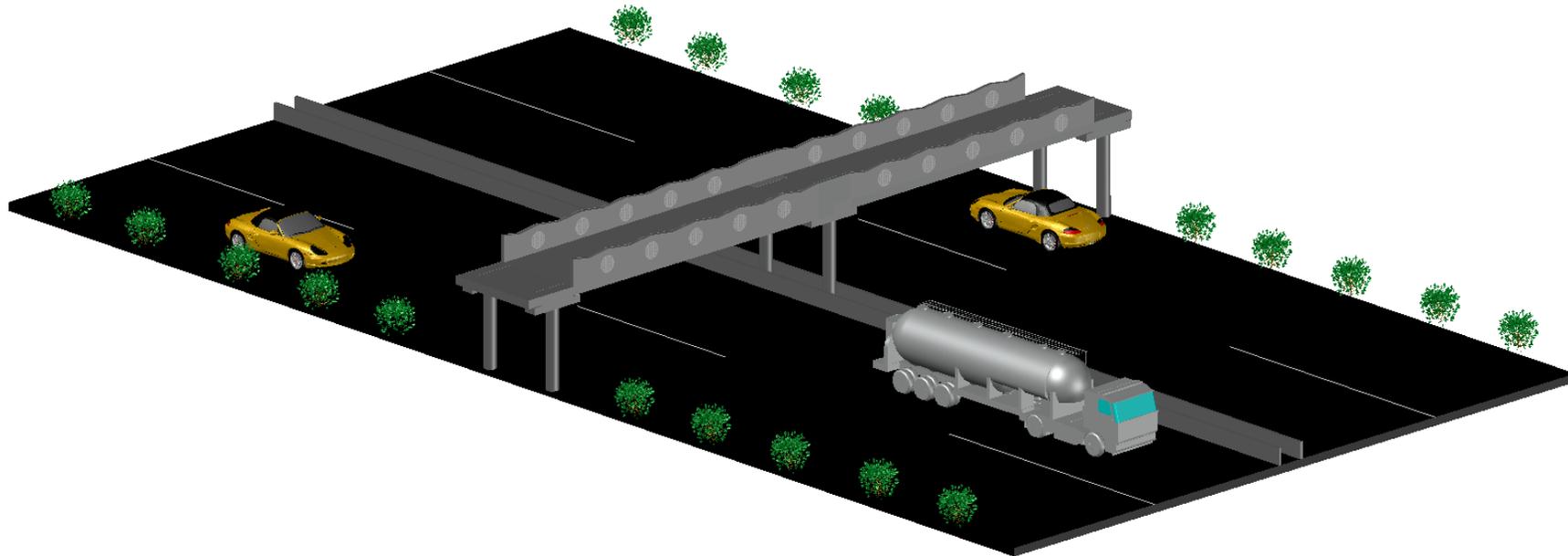


Figura 29. Diseño en 3D de la Alternativa 1.(Fuente: Elaboración Propia)



ALTERNATIVA 4: PASARELA TIPO ARCO ATIRANTADO (*BOWSTRING*)

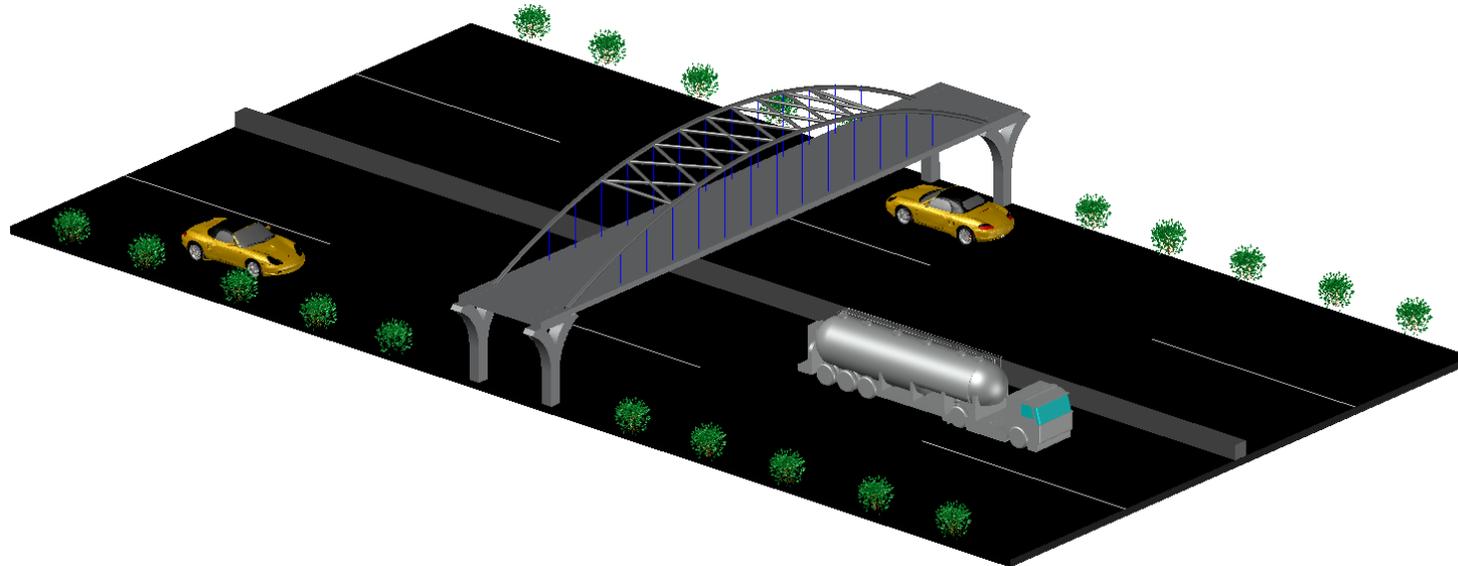


Figura 30. Diseño en 3D de la Alternativa 1.(Fuente: Elaboración Propia)



10. CONCLUSIÓN

Como conclusión, en este anejo se ha procedido a presentar los rasgos generales de este trabajo, describiendo el estado actual de la pasarela ya existente y el objetivo fundamental de la realización de una nueva estructura en este emplazamiento.

Por otro lado, se han expuesto las diferentes tipologías de pasarelas que podrían haberse llevado a cabo y se han definido, en base a los condicionantes existentes, las cuatro alternativas que se estudian más a fondo desde el punto de vista de la sostenibilidad en los siguientes anejos, además de presentar los tipos de pilas a disponer en cada uno de los casos.



11. REFERENCIAS

Arenas de Pablo, J.J. (2015). Puentes arco. Evolución y comprensión. http://ropdigital.ciccp.es/pdf/publico/2015/2015_febrero_3562_03.pdf. Accedido el 24 de mayo de 2020.

Arenas&Asociados. (2008). Pasarela de las norias Logroño. <http://www.arenasing.com/proyectos/pasarelas/pasarela-de-las-norias-logro%C3%B1o>. Accedido 22 de mayo de 2020.

Catálogo comercial. (2016). Constructalia - Acero de ArcelorMittal para la construcción. <http://constructalia-b5-web.aware.be/es> Accedido el 18 de junio de 2020.

Generalitat Valenciana. (2004). Orden de 9 de junio de 2004, Decreto39/2004. http://www.dogv.gva.es/portal/ficha_disposicion.jsp?id=26&sig=2868/2004&L=1&url_lista=. Accedido el 30 de junio de 2020.

Generalitat Valenciana. (2015). Fauna. <http://www.parquesnaturales.gva.es/es/web/pn-l-albufera/fauna-3817>. Accedido 30 de junio de 2020.

Generalitat Valenciana. (2016). "Régimen de Protección". L'Albufera de Valencia, 21 de diciembre de 2015, <http://albufera.valencia.es/es/prot%C3%A9gela/r%C3%A9gimen-de-protecci%C3%B3n>. Accedido el 30 de junio de 2020.

Google Earth. Pinedo Valencia. https://earth.google.com/web/search/pinedo/@39.40569045,-0.34051405,0.0486608a,8981.14112578d,35y,0h,45t,0r/data=CnAaRhJACiQweGQ2MDQ5N2VmNThhMjlhYjoweGE3ZGRmNDgyODE5NjRmMzUZE_3rJkK0Q0Ah025P65Hh1b8qBnBpbmVkbxgCIAEiJgokCWneAhYot0NAERunmJs1tENAGVTZ_E1Qq9O_IzwnXAR9Gte_KAI. Accedido 22 de mayo de 2020.

Google imágenes a. (2020). Wikipedia la enciclopedia libre. Puente de la Exposición. [https://www.google.com/search?q=Puente+de+la+Alameda+\(Valencia\).&sxsrf=ALeKk01B_sx2L7YNN3e3_Eg2Cgk9NoUSw:1592754921026&tbm=isch&source=iu&ictx=1&fir=F_1x8wiRoUfO2M%253A%252CTI78sqGmByYVbM%252C_&vet=1&usg=K_aiQqScjb1wyHOXg9ZcStN4i3d9s%3D&sa=X&ved=2ahUKEwjTraC6opPqAhUKmRQKHVjMCisQuqIBMAp6BAGZEAY&biw=1920&bih=969#imgsrc=3GYE8I83XHEK0M](https://www.google.com/search?q=Puente+de+la+Alameda+(Valencia).&sxsrf=ALeKk01B_sx2L7YNN3e3_Eg2Cgk9NoUSw:1592754921026&tbm=isch&source=iu&ictx=1&fir=F_1x8wiRoUfO2M%253A%252CTI78sqGmByYVbM%252C_&vet=1&usg=K_aiQqScjb1wyHOXg9ZcStN4i3d9s%3D&sa=X&ved=2ahUKEwjTraC6opPqAhUKmRQKHVjMCisQuqIBMAp6BAGZEAY&biw=1920&bih=969#imgsrc=3GYE8I83XHEK0M). Accedido 22 de mayo de 2020.

Google imágenes b. (2015). Sevilla Ciudad, "La puerta y el puente de La Barqueta: pasado y presente en Sevilla". <http://sevillaciudad.sevilla.abc.es/reportajes/macarena/cultura-macarena/la-puerta-y-el-puente-de-la-barqueta-pasado-y-presente-en-sevilla/>. Accedido 22 de mayo de 2020.

Google imágenes c. (2017). Pixabay. <https://pixabay.com/es/photos/puente-rheinbr%C3%BCcke-rin-karlsruhe-2826490/>. Accedido 22 de mayo de 2020.

Google imágenes d. (2020). Wikipedia la enciclopedia libre. Puente Lafayette. https://www.google.com/search?q=puente+lafayette&rlz=1C1CHBF_esES895ES895&sxsrf=ALeKk02DSJucTPuhWXi1R_M6VvAkn1_H6Q:1593591516026&source=Inms&tbm=isch&sa=X&ved=2ahUKEwil7-qBz6vqAhXB2-AKHAEJD64Q_AUoAnoECBwQBA&biw=1536&bih=754#imgsrc=HBnr2CrTCMPUOM&imgdii=hOH130J7gfKztM. Accedido 22 de mayo de 2020.

Google Maps. Pinedo Valencia. <https://www.google.com/maps/place/Pinedo,+Valencia/@39.4056891,-0.3580236,14z/data=!3m1!4b1!4m4!3m3!1s0xd60497ef58a29ab:0xa7ddf48281964f35!8m1!3d39.4082688>. Accedido 22 de mayo de 2020.



Manterola. (1984). "Evolución de los puentes en la historia reciente" *Informes de la Construcción*, vol. 36, nº 359-360, 1984. Accedido el 24 de mayo de 2020.

Manterola. Javier. & Colegio Oficial de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos de Madrid. (2017). *Historia de los puentes*. Accedido el 24 de mayo de 2020.

Ministerio de Fomento (2000). *Obras de paso de nueva construcción*. <http://www.carreteros.org/normativa/estructuras/otras/pdfs/obrasdepaso.pdf>. Accedido el 9 de mayo de 2020.

Pantaleón Prieto, M.J. & Ramón Ramos Gutiérrez, O. (2015). *Los puentes arco metálicos modernos*. http://ropdigital.ciccp.es/pdf/publico/2015/2015_enero_3561_05.pdf. Accedido el 24 de mayo de 2020.

PATRICOVA. (2015). *Plan de Acción Territorial de carácter sectorial sobre prevención del Riesgo de Inundación en la Comunitat Valenciana - Generalitat*. <http://politicaterritorial.gva.es/es/web/planificacion-territorial-e-infraestructura-verde/patricova-plan-de-accion-territorial-de-caracter-sectorial-sobre-prevencion-del-riesgo-de-inundacion-en-la-comunitat-valenciana>. Accedido el 27 de mayo de 2020.

Revista de Obras Públicas. (2015). *Historia de los puentes arco*. http://ropdigital.ciccp.es/pdf/publico/2015/2015_enero_3561.pdf. Accedido 24 de mayo de 2020

Revista de Obras Públicas. (2018). *Juan José Arenas*. http://ropdigital.ciccp.es/pdf/publico/2018/2018_enero_3594.pdf. Accedido el 24 de mayo de 2020

Salvador Monleón Cremades. (1999). *Apuntes de ingeniería de puentes. Introducción a su historia y concepción*. Accedido el 29 de mayo de 2020

UNE-EN ISO 14001. (2015). *Sistemas de Gestión Ambiental*. <https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:14001:ed-3:v1:es>. Accedido el 30 de junio de 2020

ANEJO N.º 2: ANALISIS DEL CICLO DE VIDA.

PRESENTADO POR: ALBERTO GARCÍA CÁRCEL

GRADO EN INGENIERÍA CIVIL

TUTOR: VÍCTOR YEPES PIQUERAS

COTUTOR: JULIÁN ALCALÁ GONZÁLEZ

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA





ÍNDICE

1.	INTRODUCCIÓN.....	9	2.2.1.6.	REQUISITOS DE CALIDAD DE LOS DATOS	23
1.1.	SOSTENIBILIDAD	9	2.2.2.	FASE 2: ANALISIS DEL INVENTARIO DEL CICLO DE VIDA (ICV)	24
1.2.	SOSTENIBILIDAD EN EL SECTOR DE LA CONSTRUCCIÓN	10	2.2.2.1.	RECOPIACIÓN DE DATOS	25
1.2.1.	DIRECTRICES	11	2.2.2.2.	CÁLCULO DE LOS DATOS	25
1.3.	CICLO DE VIDA DE UN PRODUCTO	12	2.2.2.3.	ASIGNACIÓN	26
1.4.	ANÁLISIS DEL CICLO DE VIDA (ACV).....	13	2.2.3.	FASE 3: EVALUACIÓN DEL IMPACTO DEL CICLO DE VIDA (EICV)	26
1.4.1.	DEFINICIONES DE ANÁLISIS DEL CICLO DE VIDA (ACV).....	13	2.2.3.1.	ELEMENTOS OBLIGATORIOS	27
1.4.2.	ORIGENES DEL ANÁLISIS DEL CICLO DE VIDA.	13	2.2.3.2.	ELEMENTOS OPCIONALES	28
1.4.3.	ACTUALIDAD DEL ANALISIS DEL CICLO DE VIDA.....	14	2.2.3.3.	LIMITACIONES DE LA EICV	29
2.	METODOLOGÍA DE ANÁLISIS DEL CICLO DE VIDA AMBIENTAL (ACV-A) 15		2.2.4.	FASE 4: INTERPRETACIÓN DEL CICLO DE VIDA.....	30
2.1.	NORMATIVA APLICADA	15	2.2.4.1.	IDENTIFICACIÓN DE LOS ASUNTOS SIGNIFICATIVOS. 31	
2.2.	FASES DEL ANALISIS DEL CICLO DE VIDA	15	2.2.4.2.	EVALUACIÓN.	32
2.2.1.	FASE 1: DEFINICIÓN DEL OBJETIVO Y DEL ALCANCE	16	2.2.4.3.	CONCLUSIONES, LIMITACIONES Y RECOMENDACIONES.....	32
2.2.1.1.	FUNCIÓN Y UNIDAD FUNCIONAL	18	2.2.5.	REVISIÓN CRTICA.....	32
2.2.1.2.	SISTEMA DEL PRODUCTO Y LIMITES.....	18	3.	METODOLOGIA DEL ANALISIS DEL CICLO DE VIDA SOCIAL (ACV-S)	33
2.2.1.3.	ASIGNACIÓN DE CARGAS AMBIENTALES Y CATEGORIAS DE IMPACTO	20	3.1.	NORMATIVA A APLICAR.	33
2.2.1.4.	METODOLOGÍA DE EVALUACIÓN E INTERPRETACIÓN	20	3.2.	FASES DEL ANALISIS DE CICLO DE VIDA SOCIAL.....	33
2.2.1.5.	TIPOS Y FUENTE DE DATOS.....	22	3.2.1.	CONCEPTOS GENERALES.....	33
			3.2.1.1.	IMPACTOS SOCIALES.	34
			3.2.1.2.	MARCO DE EVOLUCIÓN	34



3.2.1.3.	STAKEHOLDER Y SUBCATEGORIAS.	34	3.2.5.2.	EVALUACIÓN	45
3.2.2.	FASE 1 DEFENICIÓN DEL OBJETIVO Y EL ALCANCE	36	3.2.5.3.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	45
3.2.2.1.	CONCEPTO GENERAL.....	36	3.2.5.4.	LA PARTICIPACIÓN DE LOS INTERESADOS.....	46
3.2.2.2.	OBJETIVO DEL ESTUDIO.....	36	3.3.	LIMITACIONES.	46
3.2.2.3.	ALCANCE DEL ESTUDIO.....	36	4.	METODOLOGIA DEL COSTE DEL CICLO DE VIDA (CCV).....	47
3.2.2.4.	UNIDAD FUNCIONAL	37	4.1.	BASES DE DATOS	47
3.2.2.5.	LÍMITES DEL SISTEMA	38	4.2.	NORMATIVA APLICADA	47
3.2.3.	FASE 2: ANALISIS DEL INVENTARIO DE CICLO DE VIDA	39	4.3.	GUÍA DE REALIZACIÓN DEL COSTE DEL CICLO DE VIDA	47
3.2.3.1.	CONCEPTO GENERAL.....	39	4.3.1.	OBTENCIÓN BÁSICA DEL LCC.....	47
3.2.3.2.	Manipulación de coproductos.....	39	4.3.1.1.	CONCEPTO DE MODELO LCC.....	48
3.2.3.3.	CALIDAD DE LOS DATOS.	40	4.3.2.	PROCESO DE CÁLCULO DEL COSTE DEL CICLO DE VIDA.....	50
3.2.4.	FASE 3: EVALUACIÓN DEL IMPACTO DE CICLO DE VIDA (EICV)	41	4.3.2.1.	COSTES Y CALCULO DEL COSTE DE CICLO DE VIDA. ...	50
3.2.4.1.	CONCEPTO GENERAL.....	41	4.3.3.	MEDIDAS COMPLEMENTARIAS	51
3.2.4.2.	SELECCIÓN	42	4.3.4.	INCERTIDUMBRE	52
3.2.4.3.	CLASIFICACIÓN	43	5.	ANALISIS DEL CICLO DE VIDA DE LAS ALTERNATIVAS	53
3.2.4.4.	CARACTERIZACIÓN	43	5.1.	ANALISIS DEL CICLO DE VIDA AMBIENTAL (ACV-A).....	53
3.2.4.5.	DESARROLLO DEL IMPACTO SOCIAL Y SOCIOECONÓMICO.....	44	5.1.1.	DEFINICIÓN DEL OBJETIVO Y ALCANCE	53
3.2.5.	FASE 4: INTERPRETACIÓN DEL CICLO DE VIDA	44	5.1.1.1.	UNIDAD FUNCIONAL	54
3.2.5.1.	DETERMINACIÓN DE LOS PROBLEMAS IMPOPRTANTE	45	5.1.1.2.	LIMITES DEL SISTEMA.....	54
			5.1.1.3.	METODOLOGÍA DE EVALUACIÓN DE IMPACTOS	55
			5.1.1.4.	BASE DE DATOS	55
			5.1.1.5.	INCRETIDUMBRE	55



5.1.2.	INVENTARIO DEL CICLO DE VIDA (ICV)	57	5.3.1.2.	METODOLOGÍA Y BASES DE DATOS	80
5.1.2.1.	PROCESOS FORMADOS POR VARIOS FLUJOS	57	5.3.2.	INVENTARIO DEL COSTE DE CICLO DE VIDA	80
5.1.2.2.	ICV DE ALTERNATIVA 1	59	5.3.2.1.	INVENTARIO ALTERNATIVA 1	80
5.1.2.3.	ICV DE ALTERNATIVA 2	62	5.3.2.2.	INVENTARIO ALTERNATIVA 2	82
5.1.2.4.	ICV DE ALTERNATIVA 3	65	5.3.2.3.	INVENTARIO ALTERNATIVA 3	84
5.1.2.5.	ICV DE ALTERNATIVA 4	67	5.3.2.4.	INVENTARIO ALTERNATIVA 4	85
5.1.3.	EVALUACIÓN DEL IMPACTO DE CICLO DE VIDA (EICV).....	69	5.3.3.	EVALUACIÓN DEL COSTE DE CICLO DE VIDA.....	87
5.1.4.	INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS	70	5.3.4.	INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS.....	87
5.1.4.1.	APROXIMACIÓN DE IMPACTOS AGREGADOS.....	70	5.3.4.1	ANÁLISIS DE COSTES.....	87
5.2.	ANLISIS DE CICLO DE VIDA SOCIAL (ACV-S)	73	6.	CONCLUSIONES Y RESULTADOS	89
5.2.1.	DEFINICIÓN DEL OBJETIVO Y ALCANCE	73	7.	REFERENCIAS.....	90
5.2.1.1.	UNIDAD FUNCIONAL Y LIMITES DEL SISTEMA.....	73			
5.2.1.2.	METODOLOGÍA.....	74			
5.2.1.3.	BASES DE DATOS.....	74			
5.2.1.3.	INCERTIDUMBRE.....	74			
5.2.2.	INVENTARIO DEL CICLO DE VIDA (ICV)	74			
5.2.3.	EVALUACIÓN DEL IMPACTO DE CICLO DE VIDA (EICV).....	74			
5.2.4.	INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS	75			
5.2.4.1.	APROXIMACIÓN IMPACTOS SOCIALES	76			
5.3.	ANLISIS DE COSTE DE CICLO DE VIDA (CCV)	79			
5.3.1.	DEFINICIÓN DEL OBJETIVO Y ALCANCE	79			
5.3.1.1.	UNIDAD FUNCIONAL Y LIMITES DEL SISTEMA.....	79			



ÍNDICE DE FORMAS

FIGURAS

Figura 1. Pilares de la sostenibilidad. (Fuente: Naciones Unidas, 2015a) ...	9
Figura 2. Objetivos de la sostenibilidad. (Fuente: Naciones Unidas, 2015b)	10
Figura 3. Ciclo de vida de un producto (Fuente: UNEP/SETAP, 2009).	12
Figura 4. Etapas de un Análisis de Ciclo de Vida. (Fuente: AENOR, ISO14040, 2006a).	16
Figura 5. Diferentes alcances del ACV. (Fuente: Olivera et. al ,2016).	18
Figura 6. Ejemplo de un sistema de producto para el ACV. (Fuente: AENOR, ISO14040, 2006a).	19
Figura 7. Ejemplo de un conjunto de procesos unitarios dentro de un sistema del producto. (AENOR, ISO14040, 2006a).	19
Figura 8. Procedimiento simplificado para el análisis del inventario. (Fuente: AENOR, ISO14044,2006b).....	24
Figura 9. Elementos de la fase EICV. (Fuente: AENOR, ISO14040, 2006a)	26
Figura 10. Concepto de indicadores de categoría (Fuente: AENOR, ISO14040, 2006b).....	27

Figura 11. Relaciones entra las fases de interpretación con las otras fases del ACV. (Fuente: AENOR, ISO14040, 2006b).	30
Figura 12. Sistema de productos. (Fuente: UNEP/SETAP2009)	37
Figura 13. Concepto de subcategoría (Fuente: UNEP/SETAP 2009)	42

DIAGRAMAS

Diagrama 1. Impacto ambiental total por alternativa. (Elaboración Propia)	71
Diagrama 2. Impacto ambiental por alternativa. (Elaboración Propia)	72
Diagrama 3. <i>Impacto total por categoría de daño. (Elaboración Propia)</i> .	72
Diagrama 4. Impacto social total por alternativa. (Elaboración Propia)	77
Diagrama 5. Impacto social por alternativa. (Elaboración Propia)	77
Diagrama 6. Impacto total por categoría de daño. (Elaboración Propia) ..	78
Diagrama 7. Coste total por alternativa. (Elaboración Propia)	88
Diagrama 8. Coste por alternativa en cada fase. (Elaboración Propia).....	88
Diagrama 9. Coste total por fase de ciclo de vida. (Elaboración Propia) ...	89



TABLAS

Tabla 1. Ejemplo categoría de impacto y asignación de cargas ambientales (Fuente: Elaboración propio; Inspirado: Haya, 2016)	20
Tabla 2. Sistema de evaluación de categorías a unidad de medida. (Fuente: UNEP/SETAP ,2009).	34
Tabla 3. Stakeholder categories and subcategories. (Fuente: UNEP/SETAP ,2009).	35
Tabla 4. Factores de incertidumbre básicos. (Frischknecht et al., 2005)..	56
Tabla 5. Matriz de pedigree. (Fuente: Ciroth, Weidema, & Lesage, 2016)	56
Tabla 6. Procesos de varios flujos en Manufacturing. (Fuente: Elaboración propia)	57
Tabla 7. Procesos de varios flujos en Construction. (Fuente: Elaboración propia)	58
Tabla 8. Procesos de varios flujos en Use and Maintenance. (Fuente: Elaboración propia).....	58
Tabla 9. Procesos de varios flujos en End of life. (Fuente: Elaboración propia)	58
Tabla 10. Procesos de varios flujos en Manufacturing. (Fuente: Elaboración propia).....	58
Tabla 11. Procesos de varios flujos en Construction. (Fuente: Elaboración propia).....	59
Tabla 12. Procesos de varios flujos en Use and Maintenance. (Fuente: Elaboración propia).	59
Tabla 13. Procesos de varios flujos en End of life. (Fuente: Elaboración propia).....	59
Tabla 14. Datos generales. (Fuente: Elaboración propia)	60
Tabla 15. Datos de distancia. (Fuente: Elaboración propia)	60
Tabla 16. Datos de medición. (Fuente: Elaboración propia).....	60
Tabla 17. Datos de medición. (Fuente: Elaboración propia).....	60
Tabla 18. Inventario en la fase de Producción. (Fuente: Elaboración propia)	61
Tabla 19. Inventario en la fase de Construcción. (Fuente: Elaboración propia).....	61
Tabla 20. Inventario en la fase de Uso y Mantenimiento. (Fuente: Elaboración propia)	62
Tabla 21. Inventario en la fase de Demolición. (Fuente: Elaboración propia)	62
Tabla 22. Datos generales. (Fuente: Elaboración propia)	62
Tabla 23. Datos de distancia. (Fuente: Elaboración propia)	62
Tabla 24. Datos de medición. (Fuente: Elaboración propia).....	63



Tabla 25. Inventario en la fase de Producción. (Fuente: Elaboración propia)	63	Tabla 37. Datos de distancia. (Fuente: Elaboración propia)	67
Tabla 26. Inventario en la fase de Producción. (Fuente: Elaboración propia)	64	Tabla 38. Datos de medición. (Fuente: Elaboración propia).....	67
Tabla 27. Inventario en la fase de Uso y Mantenimiento. (Fuente: Elaboración propia).....	64	Tabla 39. Inventario en la fase de Producción. (Fuente: Elaboración propia)	68
Tabla 28. Inventario en la fase de Demolición. (Fuente: Elaboración propia)	64	Tabla 40. Inventario en la fase de Producción. (Fuente: Elaboración propia)	68
Tabla 29. Datos generales. (Fuente: Elaboración propia)	65	Tabla 41. Inventario en la fase de Uso y Mantenimiento. (Fuente: Elaboración propia)	69
Tabla 30. Datos de distancia. (Fuente: Elaboración propia).....	65	Tabla 42. Inventario en la fase de Demolición. (Fuente: Elaboración propia)	69
Tabla 31. Datos de medición. (Fuente: Elaboración propia)	65	Tabla 43. Factores de normalización y ponderación (Fuente: Goedkoop et al., 2009).....	70
<i>Tabla 32. Inventario en la fase de Producción. (Fuente: Elaboración propia)</i>	66	Tabla 44. Impactos ambientales agregados. (Fuente: Propia).....	71
Tabla 33. Inventario en la fase de Producción. (Fuente: Elaboración propia)	66	Tabla 45. Impactos ambientales agregados. (Fuente: Propia).....	72
Tabla 34. Inventario en la fase de Uso y Mantenimiento. (Fuente: Elaboración propia)	66	Tabla 46. Agrupación de criterios sociales. (Fuente: Elaboración Propia).75	
Tabla 35. Inventario en la fase de Demolición. (Fuente: Elaboración propia)	66	Tabla 47. Impactos sociales totales. (Fuente: Elaboración propia)	76
Tabla 36. Datos generales. (Fuente: Elaboración propia)	67	Tabla 48. Impactos sociales (Fuente: Elaboración propia)	78
		Tabla 49. Horas de ida y vuelta. (Fuente: Elaboración propia)	80



Tabla 50. Inventario en la fase de Producción. (Fuente: Elaboración propia)	81	Tabla 61. Inventario en la fase de Demolición. (Fuente: Elaboración propia)	85
Tabla 51. Inventario en la fase de Construcción. (Fuente: Elaboración propia).....	81	Tabla 62. Inventario en la fase de Producción. (Fuente: Elaboración propia)	85
Tabla 52. Inventario en la fase de Uso y Mantenimiento. (Fuente: Elaboración propia).....	82	Tabla 63. Inventario en la fase de Construcción. (Fuente: Elaboración propia).....	86
Tabla 53. Inventario en la fase de Demolición. (Fuente: Elaboración propia)	82	Tabla 64. Inventario en la fase de Uso y Mantenimiento. (Fuente: Elaboración propia)	86
Tabla 54. Inventario en la fase de Producción. (Fuente: propia)	82	Tabla 65. Inventario en la fase de Demolición. (Fuente: Elaboración propia)	86
Tabla 55. Inventario en la fase de Construcción. (Fuente: Elaboración propia).....	83	Tabla 66. Costes por metro cuadrado. (Fuente: Elaboración propia).....	87
Tabla 56. Inventario en la fase de Uso y Mantenimiento. (Fuente: Elaboración propia).....	83	Tabla 67. Costes por metro cuadrado. (Fuente: Elaboración propia).....	89
Tabla 57. Inventario en la fase de Demolición. (Fuente: Propia)	83		
Tabla 58. Inventario en la fase de Producción. (Fuente: Elaboración propia)	84		
Tabla 59. Inventario en la fase de Construcción. (Fuente: Elaboración propia).....	84		
Tabla 60. Inventario en la fase de Uso y Mantenimiento. (Fuente: Elaboración propia).....	84		



1. INTRODUCCIÓN.

En este apartado se va a definir qué se entiende cuando se habla sostenibilidad, ciclo de vida de un producto y que se entiende por Análisis de Ciclo de Vida (ACV) y se explicaran tanto sus orígenes como su actualidad.

1.1. SOSTENIBILIDAD

La idea de desarrollo sostenible nace a través de la definición de sostenibilidad que se define como: satisfacer las necesidades actuales sin empeorar la capacidad de las generaciones futuras de cumplir con sus necesidades, para ello es necesario garantizar el equilibrio entre la economía, la protección del medio ambiente y el bienestar social. Es a este modo de progreso que mantiene el equilibrio actualmente para no poner en riesgo a las generaciones futuras es lo que se entiende como desarrollo sostenible.

El origen del concepto de desarrollo sostenible es muy antiguo puesto que la preocupación por el medioambiente el dinero y la sociedad ha estado conectado con el ser humano. Pero hay que remarcar la primera vez que Maurice Strong nombró el concepto de ecodesarrollo, durante el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente que posteriormente fue difundido por Sach en 1991. Este concepto se refería ya a temas como restricciones ecológicas, eficiencia de sistemas económicos y la redistribución de la riqueza mediante la aplicación de objetivos sociales.

Una definición más completa de desarrollo sostenible es la que se establece durante el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (UNEP) que establece: “bajo la idea de Desarrollo Sostenible se expresan

las inquietudes sobre el estado y la sostenibilidad de las perspectivas económicas, ambientales y sociales del mundo del hoy y del mañana. También se refiera a la responsabilidad social de las empresas u organizaciones y al objetivo de conseguir una rentabilidad económica sostenida a la par de mejorar el desempeño ambiental y social. Todo desde la perspectiva de contribuir sensiblemente a un mayor bienestar del ser humano y todo lo que le rodea”. (UNEP-SETAC, 2009)

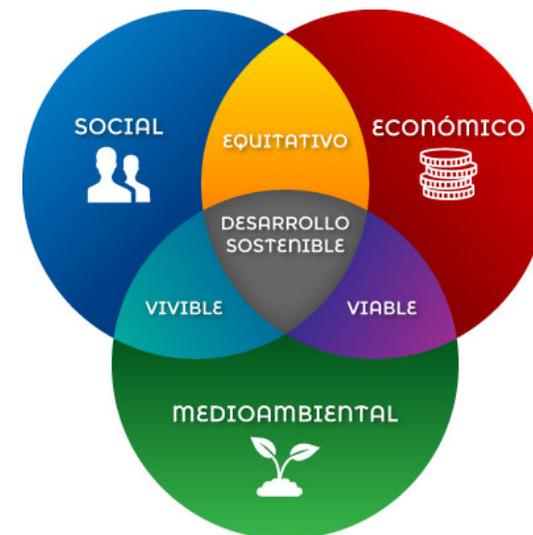


Figura 1. Pilares de la sostenibilidad. (Fuente: Naciones Unidas, 2015a)

En la Figura 1 se pueden identificar los 3 pilares que conforman la sostenibilidad, estos son, el pilar económico, el pilar ambiental y el pilar social. Ya en 1992 en la Conferencia de las Naciones Unidas sobre Medio Ambiente y Desarrollo (*The Earths Summit*) se acepta la triple vía del desarrollo sostenible.



Con la Declaración del Milenio en el 2000 que propuso los Objetivos de Desarrollo del Milenio con el 2015 como fecha límite para que se cumplieran esos objetivos. Tras el cumplimiento de esta declaración en 2015 se necesita un plan acción nuevo es por ello que en septiembre de 2015 las Naciones Unidas lanzó un grupo de objetivos denominados Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) con la finalidad de marcar un camino de guía para hacer un mundo mejor mediante 17 objetivos (véase Figura 2). Estos objetivos tienen en cuenta las 3 dimensiones sociales que conforman el desarrollo sostenible, que son:

- Intentar erradicar la pobreza extrema.
- Combatir la injusticia y las desigualdades sociales.
- Mitigar el cambio climático



Figura 2. Objetivos de la sostenibilidad. (Fuente: Naciones Unidas, 2015b)

Cabe recalcar que a pesar de saber la importancia de que exista un equilibrio de los 3 caminos de la sostenibilidad, las instituciones actualmente prestan una mayor atención al ambiental que al social.

El cambio climático y el aumento del alcance de la población mundial a causa de un aumento de la población de clase media es lo que provoca la concienciación sobre el bienestar del planeta. (Hildebrandt, 2016).

1.2. SOSTENIBILIDAD EN EL SECTOR DE LA CONSTRUCCIÓN

El ambiente que provoca el sector de la construcción es el causante de un gran porcentaje de las emisiones de CO₂, además de emitir también un porcentaje de los gases de efecto invernadero (GEI).

En cuanto a los gases de efecto invernadero (GEI), el 40% de las emisiones de GEI se atribuyen a el sector de la construcción, puesto que este sector se atribuye el 40% del uso de las materias primas (Sanjayan & Flower, 2007).

Por otro lado, las emisiones de CO₂ son causadas principalmente por el cemento, que es el principal agente de la emisión de grandes cantidades de CO₂. Estas emisiones se provocan en la producción de hormigón a causa la alta energía demandada durante la fabricación y calcinación de la caliza, suponiendo como se ha dicho anteriormente un total del 5% de las emisiones mundiales de CO₂. Esta cantidad es tan elevada porque el cemento es un componente del hormigón que es uno de los materiales más utilizado, tienen una tasa de consumo mundial que se acerca a las 25 gigatoneladas por año. Su alto consumo es debido a que tiene un coste producción y distribución bajo en comparación con otros materiales y también a su durabilidad y prestaciones técnicas.



Mientras a la sociedad el sector de la construcción provoca un impacto social en aquellos países que fomentan las oportunidades para la población puesto que suponen una mayor oferta de empleo e incluso puede mejorar la calidad de vida.

Además, a causa del impacto económico indirecto y directo que supone para la sociedad, se deberían aplicar todas las medidas pertinentes para mejorar el diseño y los procesos constructivos, es decir, abarcar todo el ciclo de vida de la estructura desde el proceso proyecto-construcción, teniendo en cuenta a los ingenieros y arquitectos que están en el diseño y los constructores hasta los agentes que participen en el mantenimiento y demolición de la estructura.

Por todo ello el sector de las infraestructuras y de la construcción tienen un potencial alto para impulsar el desarrollo económico de la sociedad, así como de establecer un camino de desarrollo para países que no estén avanzados en el desarrollo sostenible.

1.2.1. DIRECTRICES

En el sector de la construcción se está teniendo consciencia sobre el desarrollo sostenible y para contribuir a los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), desde la Unión Europea se han establecido unas directrices con tal de contribuir a el cumplimiento de esos objetivos.

Algunas de estas directrices pueden ser las siguientes:

La **Etiquetado Ecológico** tiene como objetivo promover los servicios o productos con impacto ambiental menor durante la totalidad de su ciclo de vida en comparación con otros de su misma categoría. Esto se empezó a realizar a través de ecoetiquetas que se estandarizaron por la norma ISO 14020. Según los estándares, en las declaraciones y las ecoetiquetas se

diferencian tres tipos (Cesarei, Baldo, Sordi, & Ministrini, 2013) y según el blog de **V. Yepes** se definen de la siguiente manera:

- **Ecoetiquetas tipo I:** Es un sistema voluntario de calificación ambiental que identifica y certifica de manera oficial que ciertos productos o servicios tienen una afectación menor sobre el medio ambiente teniendo en cuenta todo su ciclo de vida y que cumplen estrictos criterios ambientales previamente establecidos. Este tipo de ecoetiquetas cumple con los requisitos de la norma ISO 14024 (AENOR, 2000).
- **Ecoetiquetas tipo II:** Se trata de las autodeclaraciones ambientales de producto. Es una indicación ambiental avalada por el mismo fabricante referida a una fase del ciclo de vida o a un aspecto concreto del producto. Cumple con los requisitos de la norma ISO 14021 (AENOR, 2016) y ofrece una orientación en términos de carácter ambiental.
- **Declaraciones ambientales tipo III (DAP):** Es un inventario de datos ambientales cuantificados de un producto con unas categorías prefijadas de parámetros, basados en la serie de normas ISO 1404, referentes al análisis del ciclo de vida. Cumple con los requisitos de la norma ISO 14025 (AENOR, 2010).

Además, existen otras directrices que pueden contribuir a la sostenibilidad del sector de la construcción y de otros sectores (Eusko Jaurlaritz, 2009) según el blog de **V. Yepes** se definen de la siguiente manera:

- **Huella de carbono:** Equivale a la totalidad de GEI emitidos por efecto directo o indirecto de un individuo, organización, evento o producto. Su impacto ambiental se mide en masa de CO₂ equivalente y sigue normativas internacionales reconocidas como ISO 14046-1, PAS2050 o GHG Protocol.



- **Huella hídrica:** Dada a conocer por Arjen Hoekstra del Instituto de Educación del Agua de la Unesco, se define como el volumen total de agua dulce que se utiliza para producir bienes y servicios de un individuo, de una comunidad o de una empresa.

- **Huella social:** Se entiende como la marca reconocible y medible que un individuo, comunidad o empresa deja en la sociedad por razón de sus operaciones.

1.3. CICLO DE VIDA DE UN PRODUCTO

Se entiende como ciclo de vida el proceso vital de un organismo desde su nacimiento hasta su muerte. Hay diferentes significados según a que se refiera con el ciclo de vida, puede ser el ciclo de vida de un ser humano, el ciclo de vida de la naturaleza, el ciclo de vida de un proyecto o bien el caso de que nos interesa el ciclo de vida de un producto.

El ciclo de vida de un producto define las etapas por las que pasa un producto desde su nacimiento hasta su declive. Este término fue acuñado por primera vez en 1965 por el economista americano Theodore Levitt en su artículo "Explotando el ciclo de vida de un producto" para la publicación *Harvard Business Review*.

El conocimiento sobre el ciclo de vida de un servicio o producto es importante para poder identificar la etapa en que se encuentra el producto para así generar la estrategia adecuada con el fin de reintroducir, relanzar o rediseñar el bien o servicio para alargar sus ingresos.

En mercadotecnia o *marketing*, Philip Kotler define el ciclo de vida de un producto como las etapas que un bien o servicio pasa, definidas por las utilidades y pérdidas que se generan.

En el caso de este trabajo nos interesa el concepto de ciclo de vida como el conjunto de las etapas que lo conforman desde la creación del producto hasta su demolición (véase Figura 1): adquisición de materias primas, fabricación, distribución, uso y mantenimiento, y fin de vida útil.

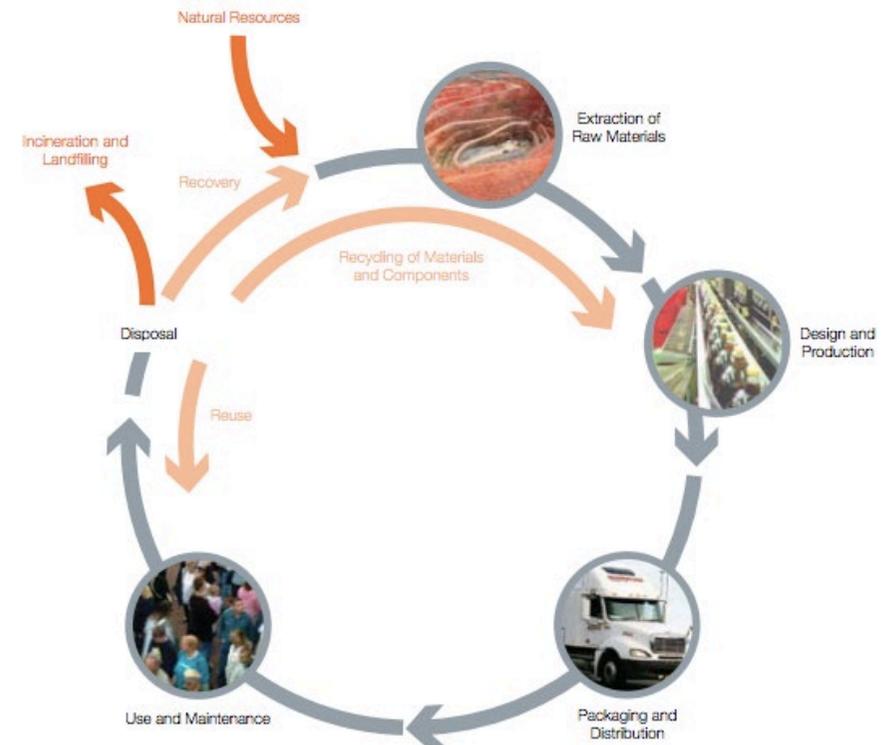


Figura 3. Ciclo de vida de un producto (Fuente: UNEP/SETAP, 2009).



1.4. ANÁLISIS DEL CICLO DE VIDA (ACV).

1.4.1. DEFINICIONES DE ANÁLISIS DEL CICLO DE VIDA (ACV).

A lo largo de los últimos años se han dado varias definiciones de análisis de ciclo de vida, ya que es un concepto complicado. Algunas de estas definiciones son:

- “El Análisis de Ciclo de Vida como una técnica que trata los aspectos medioambientales y los impactos ambientales potenciales a lo largo del ciclo de vida de un producto” (AENOR, 2006a).
- “El *Análisis del Ciclo de Vida (ACV)* es un proceso para evaluar, de la forma más objetiva posible, «las cargas ambientales asociadas a un producto, proceso o actividad identificando y cuantificando el uso de materia y energía y los vertidos al entorno; para determinar el impacto que ese uso de recursos y esos vertidos producen en el medio ambiente, y para evaluar y llevar a la práctica estrategias de mejora ambiental” (Rieznik, & Hernández, 2015).
- “El Análisis del Ciclo de Vida clásico es una metodología objetiva cuya finalidad es evaluar las cargas ambientales asociadas a un producto, proceso o actividad, identificando y cuantificando el uso de materia y energía además de las emisiones al entorno” (Olivera, Cristobal, & Saizar, 2016).
- “El Análisis de Ciclo de Vida (ACV) es una herramienta de gestión medioambiental cuya finalidad es analizar de forma objetiva,

metódica, sistemática y científica, el impacto ambiental originado por un proceso/producto durante su ciclo de vida completo”. (Haya, 2016).

Atendiendo a estas definiciones hay que dejar claro que el Análisis de Ciclo Vida no es una evaluación de riesgo. Es una herramienta que permite aumentar la eficacia e introducir mejoras mediante la identificación y cuantificación de las emisiones y el impacto real de las emisiones en función de cuándo, dónde y cómo se transfieren al ambiente (Olivera, Cristobal, & Saizar, 2016).

1.4.2. ORIGENES DEL ANÁLISIS DEL CICLO DE VIDA.

Según el blog de **V. Yepes**, “sus orígenes se remontan a finales de los años 60, dos investigadores del Instituto de Investigación del Medio Oeste (MRI), Robert Hunt y William Franklin empezaron a trabajar en una técnica que permitiese cuantificar la energía demandada y los recursos, así como las emisiones de GEI por parte de las industrias (Trusty, & Deru, 2005). Esta técnica paso a llamarse como Análisis de Perfil Ambiental y de Recursos (REPA) y fue empleada por primera vez en 1969 por el MRI junto a la compañía Coca-Cola para analizar y seleccionar los materiales más ecológicos y como tratarlos en su final de vida (Gerilla, Teknomo, & Hokao, 2007).

La primera expansión del uso de esta tecnología se desarrolló, durante la crisis energética de los años 70, para estudiar el consumo energético de productos de embalaje de plástico o cartón. Más tarde, a finales de los 80’s principio de los 90’s tuvo de nuevo un gran alcance como herramienta de marketing (Owens, 1996).

Con los avances metodológicos de la herramienta y la proliferación de resultados muy dispares en los diferentes estudios realizados, se decidió llevar a cabo una armonización del ACV. Con dicha finalidad aparecieron



diversas directrices, destacando la holandesa y la nórdica, que también incluían recomendaciones contradictorias.

A inicios de los 90's, la Sociedad de Toxicología Ambiental y Química (SETAC) llegaron a un consenso mediante grupos consultivos de América del Norte y Europa y elaboraron el "Código de práctica para la evaluación del ciclo de vida". Paralelamente, surgieron otras iniciativas como la Guía LCA Z-760 de la Asociación de Estandarización Canadiense."

1.4.3. ACTUALIDAD DEL ANÁLISIS DEL CICLO DE VIDA

Al final de la década de los 90, se promovieron por parte de la Organización Internacional de Normalización (ISO) los procesos de estandarización más reconocidos (Russell, Ekvall, & Baumann, 2005).

Más concretamente en 1997 la ISO declaró los estándares internacionales más relevantes, definiendo el ACV como "un método para resumir y evaluar la carga ambiental de un producto (o servicio) en todo el ciclo de vida, y el impacto o influencia potencial sobre el medio ambiente" en la serie de normas ISO 14040 (AENOR, 2006a).

Esta metodología es compatible con la evaluación de los impactos socioeconómicos, puesto que comparten ciertos elementos que aportan datos comparativos muy útiles para la toma de decisiones frente a nuevos proyectos o acciones de mejora (V. Yepes, 2018).

Con la finalidad de ordenar las distintas modalidades que han surgido mediante una futura norma ISO ACV, la Comisión Europea planteó una guía de ruta, por medio del proyecto CALCAS (*Coordination for innovation in Life Cycle for Sustainability*) desde el 2006, que englobará un análisis

multicriterio sobre sostenibilidad (van der Giesen, Kleijn, Kramer, & Guinée, 2013).

Las tres perspectivas del Análisis del Ciclo de Vida se definen de la siguiente manera:

- **Análisis del Ciclo de Vida Ambiental (ACV-A):** Metodología que contempla la carga ambiental producida por un producto o servicio durante todo el ciclo de vida (V. Yepes, 2018).
- **Coste del Ciclo de Vida (CCV):** Este análisis se centra en la etapa de diseño de un producto, analizando los costes directos y los beneficios de las actividades económicas, como los costes para la prevención de la contaminación, los costes de las materias primas, los impuestos y los intereses sobre el capital entre otros, en resumen, es una recopilación y evaluación de todos los costes relacionados con un producto a lo largo de todo su ciclo de vida (V. Yepes, 2018).
- **Análisis del Ciclo de Vida Social (ACV-S):** Se trata de una herramienta de evaluación de impactos sociales cuyo objetivo es analizar los aspectos sociales y socio-económicos de los productos y sus impactos potenciales (positivos y negativos) durante todo el ciclo de vida. (V. Yepes, 2018).

El Análisis del Ciclo de Vida de la Sostenibilidad (ACV-SOS) se plantea como una agrupación de las 3 perspectivas, llevando a cabo un análisis de las 3 tipologías sobre cualquier producto o servicio.



Aunque la metodología de las tres dimensiones del ACV está basada en la norma ISO 14040 y ISO 14044, estas normas no tienen en su alcance el análisis del impacto económico y social, por lo que es necesario aplicar otras herramientas para profundizar en esos análisis. Estas herramientas se podrán observar en los apartados 3 y 4 del trabajo.

2. METODOLOGÍA DE ANÁLISIS DEL CICLO DE VIDA AMBIENTAL (ACV-A)

Para llevar cabo un ACV-A se deben de identificar todas las entradas y salidas que afecten al sistema en estudio, durante parte de su vida útil o toda su vida útil, es decir, desde la adquisición de materias primas, pasando por la producción, uso, tratamiento final, reciclado, hasta su disposición final (de la cuna a la tumba).

Considerando como inputs u entradas:

- El uso de materias primas y recursos.
- Los productos y componentes terminados.
- La energía que se utiliza en cada fase.
- El transporte.

Por otro lado, como salidas u outputs se incluyen:

- Los residuos.
- Las emisiones a la atmosfera, al agua y al suelo.
- Los subproductos afectados en cada fase del sistema.

Por lo que se puede concluir que la realización de un Análisis de Ciclo de Vida Ambiental (ACV-A) es una tarea compleja y laboriosa.

2.1. NORMATIVA APLICADA

La realización de un Análisis de Ciclo de Vida Ambiental (ACV-A) está normalizada por las directrices nombradas a continuación:

- Norma UNE-EN ISO 14044:2006 (AENOR, 2006b): Gestión ambiental. Análisis del ciclo de vida. Requisitos y directrices.
- Norma UNE-EN ISO 14040:2006 (AENOR, 2006a): Gestión ambiental. Análisis del ciclo de vida. Principios y marco de referencia.

2.2. FASES DEL ANALISIS DEL CICLO DE VIDA

En este apartado se explicará la metodología para llevar a cabo un Análisis de Ciclo de vida según las normas ISO 14040: 2006 (AENOR, 2006a) y ISO 14044: 2006 (AENOR, 2006b).

En un estudio de Análisis de Ciclo de Vida hay un total de 4 fases (véase Figura 2):

- **Fase 1: Definición del objetivo y el alcance del ACV:** En esta fase se definen los motivos por los que se realiza el estudio y a qué público va dirigido y la aplicación prevista. El Análisis del Ciclo de Vida (ACV), incluyendo los límites del sistema y el nivel de detalle, depende del tema y del uso previsto del estudio. Por lo que el alcance y la extensión del ACV depende generalmente del objetivo por el que se realiza el ACV.
- **Fase 2: Análisis del Inventario del Ciclo de Vida (ICV):** En esta fase se realiza un inventario de los datos de entrada (inputs) y salida (outputs) en comparación con el sistema en estudio. Lo que



conlleva a la identificación y cuantificación de los consumos de recursos (uso de materias primas, energía utilizada, etc.) y las emisiones al aire, suelo y aguas además de la generación de residuos del sistema del producto, es decir los outputs, siendo la generación de residuos, el conjunto de procesos conectados materialmente y energéticamente que realizan una o más funciones idénticas.

- **Fase 3: Evaluación del Impacto del Ciclo de Vida (EICV):** En esta fase el objetivo es, proporcionar toda la información adicional posible para ayudar a evaluar los resultados del Inventario del Ciclo de Vida (ICV) y así poder entender mejor la importancia de los impactos ambientales, generados por los inputs y outputs del sistema en estudio.
- **Fase 4: Interpretación del ciclo de vida:** En esta fase final se resumen y discuten los resultados de las dos fases anteriores, el ICV y el EICV, con la finalidad de obtener conclusiones y recomendaciones que sirvan de ayuda para la toma de decisiones, todo ello de acuerdo con el objetivo y alcance definido al comienzo del estudio.

2006b) y ISO 14040:2006 (AENOR, 2006a) y no hay que confundirlos con la fase de Inventario del Ciclo de Vida (ICV) de un estudio de Análisis de ciclo de vida.

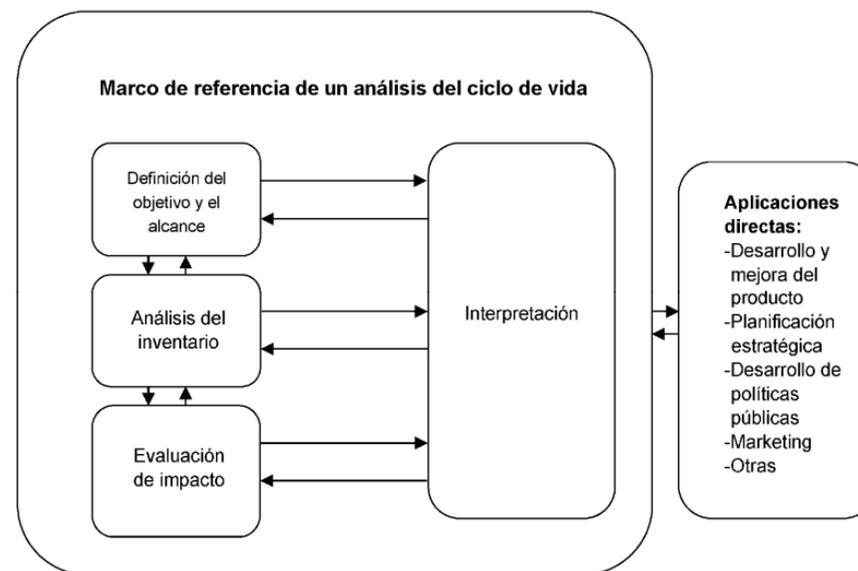


Figura 4. Etapas de un Análisis de Ciclo de Vida.
(Fuente: AENOR, ISO14040, 2006a).

Hay casos en los que el objetivo de un ACV se puede satisfacer simplemente desarrollando únicamente un análisis de Inventario del Ciclo de Vida y una interpretación de este inventario. A esto normalmente se hace referencia como un estudio de Inventario de Ciclo de Vida (estudio de ICV), el cual es similar a un estudio de ACV, pero excluyen la fase de Evaluación del Inventario de Ciclo de Vida, es decir sin evaluar la carga ambiental de los inputs y outputs del sistema en estudio. Estos tipos de estudios de ICV también están normalizados por las normas ISO 14044:2006 (AENOR,

2.2.1. FASE 1: DEFINICIÓN DEL OBJETIVO Y DEL ALCANCE

La finalidad del objetivo es exponer los motivos de por qué se desarrolla el ACV, la aplicación prevista del ACV, es decir, para qué se hace el estudio y por último la descripción del público previsto, es decir, para quién va dirigido. Por otra parte, el alcance, consiste en definir la profundidad,



amplitud y detalle del estudio. Además, debido a la naturaleza iterativa del ACV puede tener que ser ajustado durante el estudio.

- **Definición del Objetivo del ACV:** se deben de definir de manera clara y sin ambigüedad los siguientes apartados:
 - La aplicación prevista.
 - Las razones para realizar el estudio.
 - Las personas a quienes se prevé comunicar los resultados del estudio.
 - Si se pretende utilizar los resultados en aseveraciones comparativas previstas para divulgación al pública.

- **Definición del alcance del ACV:** se debe establecer de manera clara los límites y extensión del estudio, o sea, se deben describir los siguientes puntos:
 - Establecimiento de los límites del sistema.
 - Las funciones del sistema del producto.
 - El sistema del producto bajo estudio.
 - Selección de la unidad funcional.
 - Procedimientos de asignación, tipología de impactos a evaluar, metodología y la interpretación a realizar, así como los diferentes juicios de valor.
 - Tipología y fuentes de los datos que conforman el inventario.
 - Requisitos de la calidad de los datos.
 - El tipo de revisión crítica, si se realiza, así como el tipo y formato del estudio.

En algunas ocasiones, debido a restricciones, limitaciones imprevistas o como resultado de información adicional, se puede revisar el objetivo y el alcance. En caso de que se modificarán se deberá documentar y justificar.

En los siguientes apartados del 2.2.1.1 al 2.2.1.6 se entra en detalle de los puntos del alcance anteriormente mencionados.

El alcance para el desarrollo del ACV-A va a depender del ciclo de vida de un producto o servicio, en el que se tienen en cuenta todas las entradas y salidas de los procesos que tienen lugar en su ciclo de vida. Por lo que dependiendo que procesos del ciclo de vida se tengan en cuenta hay diversos tipos de alcance (véase Figura 3):

- **De la puerta a la puerta (*Gate to gate*):** cuando las entradas y las salidas se limitan únicamente al proceso de fabricación, es decir, considerando únicamente los procesos.

- **De la cuna a la puerta (*Cradle to gate*):** solo considera las entradas y salidas desde que se obtienen las materias primas hasta el proceso productivo de la empresa y se lanza el producto al mercado.

- **De la puerta a la tumba (*Gate to grave*):** considera desde el proceso productivo hasta la fase de gestión de los residuos a que da lugar el producto.

- **De la cuna a la tumba (*Cradle to grave*):** estudia desde la extracción de las materias primas hasta el reciclado o gestión final de los procesos como el almacenaje y transporte.

- **De la cuna a la cuna (*Cradle to cradle*):** considera el ciclo de vida completo del producto, ya que abarca desde la extracción de las materias primas hasta que el producto, tras perder su uso, es reintroducido en el mismo proceso productivo o en otro.



Figura 5. Diferentes alcances del ACV. (Fuente: Olivera et. al ,2016).

2.2.1.1. FUNCIÓN Y UNIDAD FUNCIONAL

Las funciones son las características de desempeño del sistema bajo estudio. Por lo que un sistema puede tener varias funciones posibles, pero depende del objetivo y del alcance del Análisis de Ciclo de Vida (ACV) se seleccionarán las funciones para el estudio

Por otra parte, la unidad funcional tiene como objetivo proporcionar una referencia a partir de la cual se puedan normalizar, en sentido matemático, los datos de entrada (inputs) y salida (outputs), por lo que la unidad funcional debe estar bien definida y debe de ser medible. En resumen, define la cuantificación de las funciones identificadas (características de desempeño) del producto.

2.2.1.2. SISTEMA DEL PRODUCTO Y LIMITES

El sistema del producto (véase Figura 4) es el conjunto de procesos unitarios con flujos elementales y flujos de producto, que desempeña una o más funciones definidas, y que sirve de modelo para el ciclo de vida de un producto.

Estos sistemas de producto se subdividen en un conjunto de procesos unitarios y estos se relacionan entre sí mediante flujos de productos intermedios, con otros sistemas de producto mediante flujos de producto y con el medio ambiente mediante flujos elementales (véase Figura 5).

Un ejemplo de sistema de producto es el que se puede ver a continuación, (véase Figura 4):

- Flujos elementales que entran al proceso unitario:
 - Petróleo crudo
 - Radiación solar
- Flujos elementales que entran al proceso unitario:
 - Emisiones al aire
 - Vertidos al agua o al suelo
 - Radiación
- Flujos de producto intermedio:
 - Materiales básicos
 - Piezas para ensamblar
- Flujos de producto que entran y salen:

- Material reciclado
- Componentes para reutilización

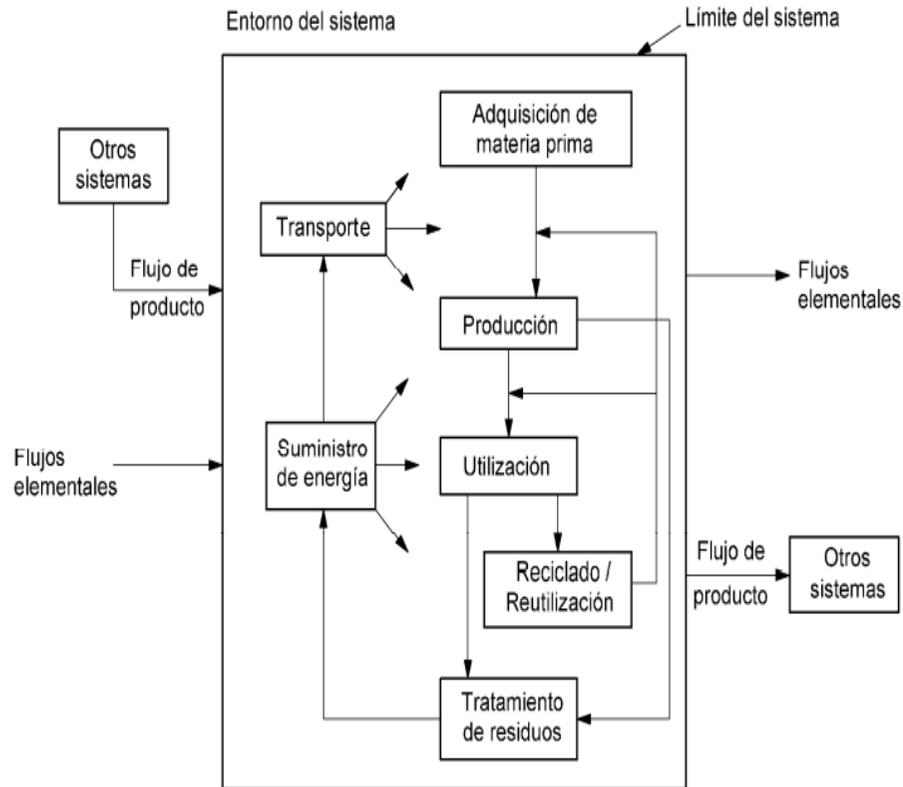


Figura 6. Ejemplo de un sistema de producto para el ACV.
(Fuente: AENOR, ISO14040, 2006a).

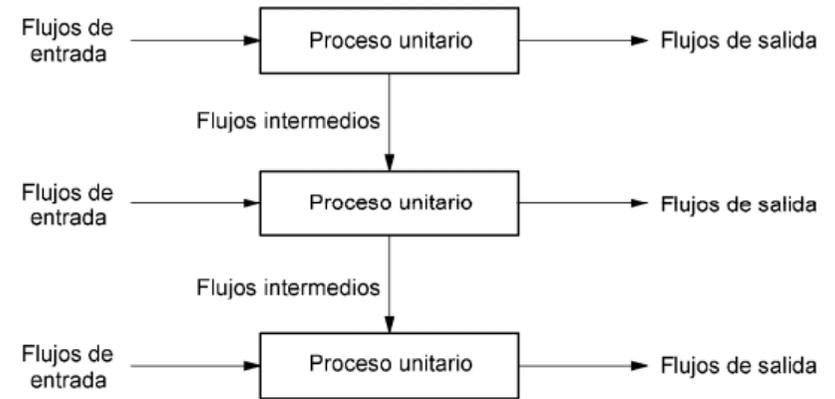


Figura 7. Ejemplo de un conjunto de procesos unitarios dentro de un sistema del producto. (AENOR, ISO14040, 2006a).

Por otro lado, los límites del sistema definen los procesos unitarios que serán incluidos en el sistema. Lo más conveniente sería modelar el sistema producto de forma que los inputs y outputs en sus límites sean flujos elementales, siempre y cuando estas entradas y salidas proporcionen cambios significativos en las conclusiones del estudio.

Además, la elección de los elementos del sistema físico a modelar depende en mayor medida de la definición del objetivo y alcance, y en menor medida de su aplicación y público previsto, de las suposiciones realizadas, de las restricciones en cuanto a datos y costos y de los criterios de corte que sirve para decidir qué entradas se incluyen en la evaluación, tales como masa, energía y la importancia ambiental.

Una vez se establecen los límites del sistema, se deben considerar varias etapas del ciclo de vida, flujos y procesos unitarios, como pueden ser los siguientes:



- Adquisición de materias primas.
- Transporte.
- Producción.
- Utilización de combustibles, electricidad y calor.
- Uso y mantenimiento del producto.
- Gestión de los residuos.
- Reciclado, reutilización y recuperación de energía.
- Utilización, mantenimiento y desmantelamientos de los equipos.
- Iluminación y calefacción.

En algunos casos los límites establecidos al inicio deberán de ser ajustados a lo largo del estudio.

2.2.1.3. ASIGNACIÓN DE CARGAS AMBIENTALES Y CATEGORIAS DE IMPACTO

Se deben indicar las categorías de impacto establecidas en el Análisis del Ciclo de Vida y como se relacionan con los datos del inventario. También se debe definir cuáles son los diferentes modelos de caracterización y los indicadores de categoría.

La manera más sencilla de entender estos conceptos es a través de un ejemplo (véase *Tabla 1*), en el que como categoría de impacto se establece el cambio climático, a la que entre los diferentes datos del inventario se encuentran las emisiones de diversos gases y cuyo indicador son las toneladas de CO2 equivalente.

CATEGORÍA	DATOS INVENTARIO ATRIBUIDOS A LA CATEGORIA	INDICADOR DE CATEGORIA
Cambio climático	Emisiones de CO2 Emisiones de N2O Emisiones de CH4	Toneladas CO2 eq.

Tabla 1. Ejemplo categoría de impacto y asignación de cargas ambientales (Fuente: Elaboración propio; Inspirado: Haya, 2016)

2.2.1.4. METODOLOGÍA DE EVALUACIÓN E INTERPRETACIÓN

Existen muchos métodos para convertir el Inventario del Ciclo de Vida en impactos, por lo que La metodología de evaluación e interpretación de impactos tiene mucha importancia. Cada metodología tiene sus propios coeficientes de normalización, caracterización y ponderación, y muchos de los métodos también tienen sus propios indicadores ambientales.

Se pueden emplear varias metodologías, para comparar resultados y enfoques, siempre y cuando no se deje de lado la coherencia y los objetivos del estudio. Los organismos internacionales como UNEP-SETAC y ISO, han intentado desde la creación de las primeras metodologías por los años 90, evitar la aparición de multitud de métodos que puedan dar resultados incongruentes y de esta forma conseguir una unificación de criterios, pero debido a la falta de datos de los estándares no se ha podido realizar.

Existen diversas metodologías para la EICV, es decir que se obtienen distintos resultados según la metodología empleada, ya que cada una



analiza distintas categorías de impacto mediante factores de caracterización diferentes. A su vez, también hay ciertas metodologías que evalúan los impactos ofreciendo niveles de impactos no agregados (*midpoint*) relacionados con el impacto, y agregados (*endpoint*) relacionado con el daño.

Todas las metodologías se desarrollan de acuerdo con las especificaciones de la norma ISO 14040, pero ofrecen resultados diferentes debido a las regulaciones regionales y a la complejidad ambiental (Du & Karoumi, 2014).

A continuación, se describen brevemente las metodologías, más utilizada para la evolución del impacto de ciclo de vida, en los últimos años (Martí, Yepes, & Ródenas, 2017):

- **CML2002**, creado por *Centre of Environmental Science* (CML) Leiden University. Han publicado una guía de aplicación de los estándares ISO en la que se establecen categorías de impacto y la correspondiente metodología de caracterización, haciendo una diferenciación de un enfoque orientado al impacto y otro enfoque orientado al daño. Y es un método que tiene en cuenta muchas categorías de impacto por lo que proporciona mucha información. (Guinée et al., 2002)
- **Eco-Indicator 99**, creado por la consultora Pré. Sustituye a su predecesor Eco-Indicator 95. Este método evalúa tres tipos diferentes de impactos (daño): la calidad del ecosistema, la salud humana y los recursos. En este método lo importante es que la unidad estándar en todas las categorías es *point* (Pt) o *millipoint* (mPt). Ya que este método se utiliza para la comparación de productos o componentes, el valor en sí no es relevante, lo importante es la comparación de valores. Las categorías de

impacto que tiene en cuenta se dividen en (Frischknecht et al., 2007):

- **Endpoint**: daños a la salud humana, daños a los recursos humanos y daños a la calidad del ecosistema.
- **Midpoint**: cambio climático, agotamiento de la capa de ozono, acidificación y eutrofización, radiación ionizante ecotoxicidad uso del suelo y agotamiento de recursos minerales y fósiles.
- **CED**, creado por *Ecoinvent Centre*. Este método tiene como objetivo cuantificar el uso de energía primaria a lo largo del ciclo de vida de un bien o servicio, incluyendo los usos indirectos y directos de la energía, pero no los desechos utilizados con fines energéticos. No incluye datos de asignación de cargas ni de normalización. Las categorías de impacto que tiene en cuenta son recursos: fósiles, nucleares, forestales, biomasa, geotermal, solar, viento y agua. (Frischknecht et al., 2007)
- **ILCD 2011**, creado por JCR (*Join Research Centre*). Esta metodología es el resultado de un proyecto que evaluó varias metodologías de EICV para llegar a un acuerdo tanto en aproximaciones *midpoint* como *endpoint*, sobre el método recomendado para cada tema ambiental, Algunas de las categorías de impacto que tiene en cuenta son: recursos abióticos, acidificación, cambio climático, toxicidad humana, radiación ionizante, uso de la superficie, agotamiento de la capa de ozono, partículas en suspensión. (JRC European commission, 2011)



ReCiPe, creado por Pré, CML, RIVM. LA finalidad del método ReCiPe es obtener un método que combine Eco-Indicator 99 y CML2002, en una versión actualizada. El primero se utiliza por la facilidad de interpretación de datos y del segundo por la cantidad de información proporcionada. Las categorías de impacto que tiene en cuenta se dividen en: (Frischknecht et al., 2007)

- **Endpoint:** daños a la salud humana, daños a los recursos humanos y daños a la calidad del ecosistema.
- **Midpoint:** cambio Climático, agotamiento de la capa de ozono, acidificación y eutrofización, radiación ionizante ecotoxicidad uso del suelo y agotamiento de recursos minerales y fósiles.
- **TRACI 2.1**, creado por EPA (*Environment Protection Agency*). Es la herramienta utiliza mayormente para el análisis de productos químicos y otros Impactos ambientales, y de esta forma ayuda en la evaluación de impacto para medidas de sostenibilidad, evaluación del ciclo de vida, diseño de procesos, ecología industrial y prevención de la contaminación. Esta metodología está basada sobre todo con datos de Estados Unidos. Las categorías de impacto que tiene en cuenta son: acidificación, ecotoxicidad, eutrofización cambio Climático, toxicidad humana, agotamiento de la capa de ozono, oxidación fotoquímica y agotamiento de recursos fósiles. (JRC European commission, 2011)
- **USEtox**, creado por *USEtox Team from de Task Force on Toxic Impacts under the auspices of UNEP-SETAC Life Cycle Initiative*.

Es un método basado en el consenso científico para calcular el impacto ambiental y así identificar y obtener los valores de impacto humano y ecotoxicológico de los productos químicos en la evaluación del impacto del ciclo de vida. El resultado principal incluye una base de datos de factores de caracterización recomendados e intermedios que incluyen la exposición, el destino ambiental, la ecotoxicidad humana y los parámetros de efecto para la toxicidad y. (Hauschild et al., 2008; Rosenbaum et al., 2008)

- **Cumulative Energy Requirement Analysis (CERA)**, desarrollado por la Asociación de Ingenieros Alemanes (VDI). Tiene como objetivo analizar el uso de energía a lo largo del ciclo de vida de un bien o servicio (Haya, 2016).
- **The Method of Ecological Scarcity** (Umweltbelastungspunkte, UBP 2013), desarrollado por la Oficina Federal de Medio Ambiente del gobierno suizo. Propone factores de caracterización para el uso de recursos energéticos y algunas tipologías de residuos, así como para diferentes emisiones al agua, aire y suelo/aguas subterráneas. (Haya, 2016).

2.2.1.5. TIPOS Y FUENTE DE DATOS

Según la Norma ISO14044 (AENOR2006b) los datos seleccionados para un Análisis del Ciclo de Vida (ACV) pueden obtenerse de dos maneras: de los lugares de producción asociados con los procesos unitarios dentro de los límites del sistema, o bien se pueden obtener o calcular mediante otras fuentes.



En realidad, todos los datos están formados por una mezcla de datos medidos, estimados o calculados. Con relación a los datos de entrada decir que pueden incluir el uso de recurso minerales, las emisiones al aire y los vertidos al agua y al suelo, el ruido y las vibraciones, los usos del suelo, olores y calor residual, la radiación, estos datos serían los más usuales.

Todos estos datos, lo más común es que estén agrupados en bases de datos de tipo integradas. Las bases de datos relacionadas con la construcción más utilizadas en los análisis de ACV son: (Du & Karoumi, 2014):

- **Ecoinvent:** creada por *The Swiss Center for Life*, da información general de múltiples sectores teniendo como base las condiciones medias europeas, y cuenta con más de 4000 datos. Se centra en aportar datos de distribución, energía y producción del producto para la mayoría de los sectores de la industria.
- **European reference Life Cycle Database (ELCD):** es una base de datos de ICV de consumos de energía, materiales, transporte y gestión de residuos para las condiciones medias europeas. Está elaborada por la Comisión Europea.
- **Life Cycle Inventory of Portland Cement Concrete:** elaborada por la *Portland Cement Association*. Es una base de datos que proporciona el Inventario de Ciclo de vida para mezclas de hormigón “in situ”, hormigón pretensado y mampostería de hormigón.
- **World Steel Life Cycle Inventory:** creada por el Instituto Internacional de Hierro y acero, es una base de datos de Inventario del ciclo de vida (ICV) para productos de acero.

Todas estas bases de datos están formadas por datos muy diversos de etapas y materiales según la fase del ciclo de vida a la que hagan referencia, que sirven para dar información a una entrada y salida dentro del ICV.

Además, estas bases de datos también tienen información sobre los factores de ponderación y caracterización que se utilizan para poder realizar los cálculos en cada metodología de EICV y así poder obtener los resultados.

2.2.1.6. REQUISITOS DE CALIDAD DE LOS DATOS

Cuando se realiza un Análisis del Ciclo de vida Ambiental (ACV-A), a la hora de obtener los datos, se han de definir unos requisitos de calidad en cuanto a:

- **Tiempo:** antigüedad de los datos y mínimo periodo para recopilarlos.
- **Tecnología:** empleada o mezcla de ellas
- **Geografía:** área geográfica de donde se deberían recopilar los datos.
- **Precisión:** medida de la variabilidad.
- **Integridad:** cuantos datos son medidos o estimados.
- **Representatividad:** teniendo en cuenta tiempo, espacio y tecnología ver si de forma cualitativa los datos reflejan la situación real.



- **Coherencia:** indicar cualitativamente si la metodología se aplica de manera uniforme en todo el análisis.
- **Reproductividad:** evaluar cualitativamente si con la información generada, se podría realizar el cálculo.
- **Fuente de los datos.**
- **Incertidumbre:** medida de la variabilidad de los valores para cada dato.

2.2.2. FASE 2: ANALISIS DEL INVENTARIO DEL CICLO DE VIDA (ICV)

La segunda fase del ACV, cuyo nombre es Análisis del Inventario del Ciclo de Vida, implica la recopilación de los datos y los procedimientos de cálculo para así cuantificar los inputs y outputs del sistema en estudio. El análisis de inventario incluye la recopilación de los datos en una tabla de Inventario del Ciclo de Vida (ICV).

Para el análisis del inventario de ciclo de vida se deberían seguir los pasos que se describen en la Figura 6, por lo que la realización de un análisis de Inventario de Ciclo de vida es un proceso iterativo, ya que a medida que se van obteniendo más datos y se aprende más sobre el sistema, se pueden ir redefiniendo más limitaciones o requisitos, que conlleven a modificaciones en los procesos de obtención de datos, de forma que se puedan cumplir con los objetivos del estudio. En algunos casos, se pueden identificar problemas que requieren revisiones del objetivo o de la extensión del estudio.

Una vez se han recopilado todos los datos del proceso en estudio, se debe crear una tabla ICV para todo el sistema del producto. Esta tabla se suele presentar como una lista de todas las entradas y salidas tanto de materiales como de consumo energético para el sistema.

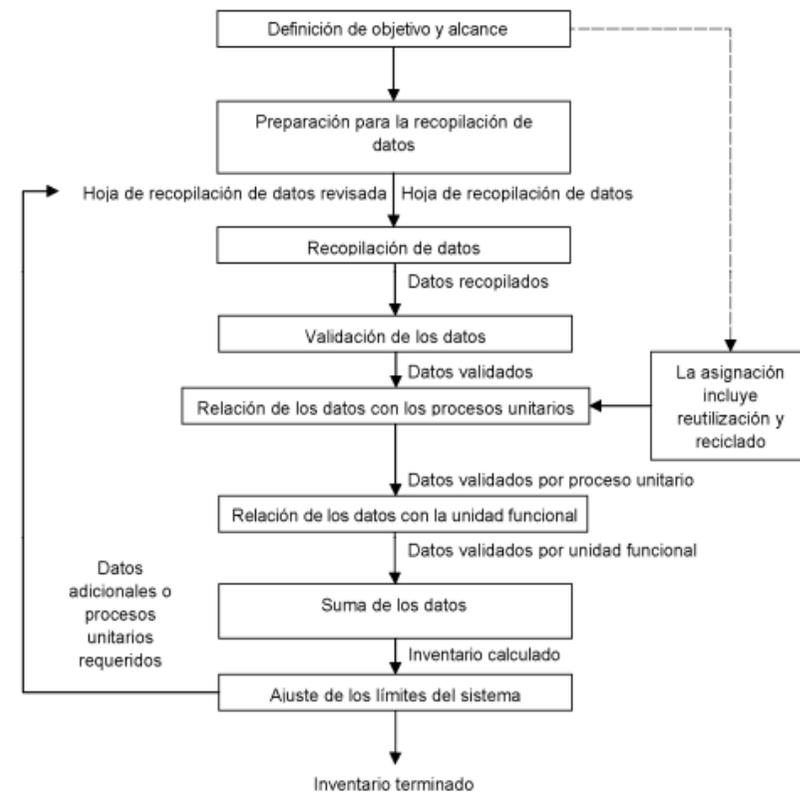


Figura 8. Procedimiento simplificado para el análisis del inventario.
(Fuente: AENOR, ISO14044,2006b)



2.2.2.1. RECOPIACIÓN DE DATOS

Los datos cualitativos y cuantitativos que se incluyen en el inventario deben de recopilarse para cada proceso unitario incluido dentro de los límites del sistema, estos datos ya sean medidos, calculados o estimados se utilizan para cuantificar los inputs y outputs de un proceso unitario.

Siempre que los datos se obtengan de una fuente pública se debe de referir la fuente.

Las principales formas de clasificar los datos de un proceso unitario son las siguientes:

- Entradas de energía
- Insumos de materia prima
- Entradas auxiliares
- Otras entradas físicas
- Productos
- Coproductos
- Residuos
- Emisiones al aire
- Vertidos al agua
- Vertidos al suelo
- Otros aspectos ambientales

Por otro lado, algunas medidas para asegurar una compresión uniforme y coherente del sistema a modelar son:

- Desarrollar una lista que especifique las unidades utilizadas
- Describir las técnicas para obtener los datos
- Describir detalladamente los procesos unitarios
- Elaborar diagramas que describan los procesos unitarios y sus relaciones

Las limitaciones prácticas en la recopilación de datos deben documentarse en la definición del alcance.

2.2.2.2. CÁLCULO DE LOS DATOS

Antes de pasar a la siguiente fase, se deben realizar los siguientes pasos de cálculo de datos:

- **Validación de datos:** verificar que los datos recopilados se hayan validado en un proceso continuo, para que haya evidencia que se han cumplido los requisitos de calidad. Esto puede hacerse con balances de materia o energía, o bien con un análisis comparativo de los factores de emisión y vertido.
- **Relacionar datos con procesos unitarios:** para cada proceso unitario se debe determinar un flujo adecuado y calcular las entradas y salidas del proceso de unidad en relación con el flujo de referencia.
- **Relacionar datos con la unidad funcional:** los flujos de cada proceso unitario se deben de relacionar con el flujo de referencia, y el cálculo de los datos debe de dar como resultado que los datos están relacionados con la unidad funcional.
- **Ajustes de los límites del sistema:** se debe de realizar un análisis de sensibilidad para verificar si el análisis inicial es correcto.

Estos pasos son necesarios para generar el ICV, para cada proceso unitario y para el sistema del producto en general. El ICV de todo el sistema de producto es la suma de todos los ICV de todos los procesos unitarios involucrados.



2.2.2.3. ASIGNACIÓN

A los distintos productos se les debe de asignar las entradas y las salidas mediante la aplicación de unos procedimientos particulares que deben de documentarse y deben ser explicados con los procedimientos de asignación.

Por otro lado, en cuanto al procedimiento de asignación durante el estudio se deben de identificar los procesos compartidos con otros sistemas de producto y aplicar el siguiente procedimiento de 3 pasos:

- **Paso 1:** si es posible, se debería evitar la asignación:
 - Dividiendo el proceso unitario a asignar, en varios subprocesos y obtener los inputs y outputs de este subproceso.
 - Tener en cuenta las funciones de los coproductos, ampliando el sistema del producto.
- **Paso 2:** Si no se puede evitar la asignación, se debería separar las entradas y salidas del sistema entre sus funciones o productos de manera que muestren las relaciones físicas existentes entre ellos.
- **Paso 3:** En el caso de que de que no se pueda utilizar las relaciones físicas como base para la asignación, se deberían separar las entradas del sistema entre las funciones o productos de manera que muestren otras relaciones físicas entre ellos.

2.2.3. FASE 3: EVALUACIÓN DEL IMPACTO DEL CICLO DE VIDA (EICV)

Esta tercera fase de evaluación del impacto del ciclo de vida evalúa e identifica como de importantes son los impactos ambientales potenciales utilizando los datos del ICV. En general, esta fase asocia las diferentes categorías de impacto ambientales específicas y los indicadores de estas categorías con los datos del inventario para poder entender sus impactos.

La EICV está formada por distintos elementos (véase Figura 7)

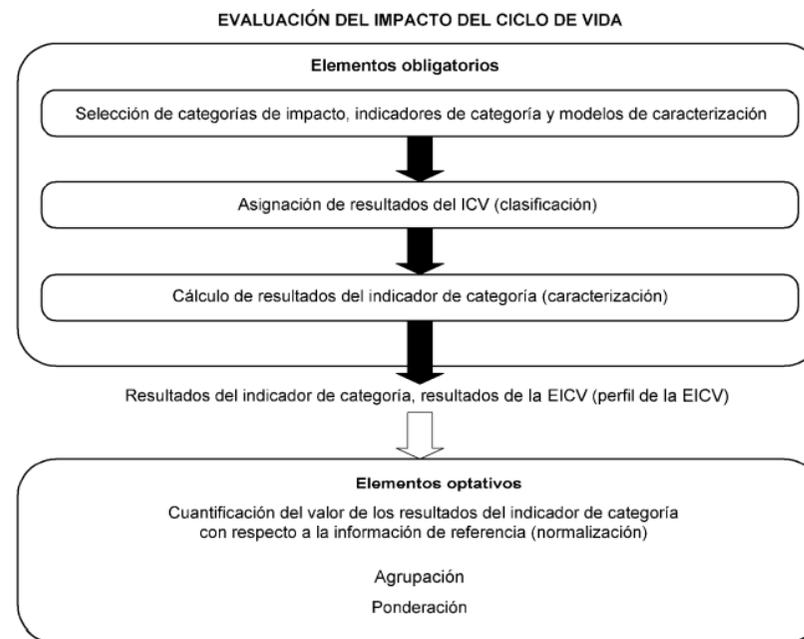


Figura 9. Elementos de la fase EICV. (Fuente: AENOR, ISO14040, 2006a)



Dentro de estos elementos se diferencian dos tipos: los elementos obligatorios que son la selección de impacto, la clasificación y la caracterización y los elementos opcionales como son la normalización, la agrupación y la ponderación.

2.2.3.1. ELEMENTOS OBLIGATORIOS

La fase de la EICV debe de incluir los elementos obligatorios descritos a continuación, los cuales siempre tienen que estar documentados, además de referenciar la información y las fuentes de datos:

- **Selección de categorías de impacto:** debe de reflejar un conjunto exhausto de asuntos ambientales relacionados con el sistema del producto bajo estudio, teniendo en cuenta el objetivo y el alcance.
- **Selección indicadores de categoría:** Para describir este elemento lo más sencillo es con un ejemplo, lo cual se muestra en la Figura 8 que ilustra el concepto de indicadores de categoría basados en un mecanismo ambiental. En este caso se utiliza la categoría de impacto de “acidificación”.
- **Selección modelos de caracterización:** vincula los resultados del ICV con el indicador de categoría y proporciona la base para los factores de caracterización. Por lo que refleja el mecanismo ambiental describiendo la relación entre los resultados de la ICV, los indicadores de categoría y a veces los puntos finales de categoría

En resumen, el modelo de caracterización se utiliza para derivar los factores de caracterización; y el mecanismo ambiental es el total de los procesos ambientales relacionados con la caracterización de los impactos.

- **Clasificación:** Es la asignación de los resultados, los cuales incluyen muchas emisiones diferentes, a las categorías de impacto seleccionadas en el elemento anterior. Puede ocurrir que los resultados del ICV se asignen exclusivamente a una categoría de impacto o que incluyan a más de una categoría de impacto en ese caso deben de asignarse a todas las categorías de impacto importantes.

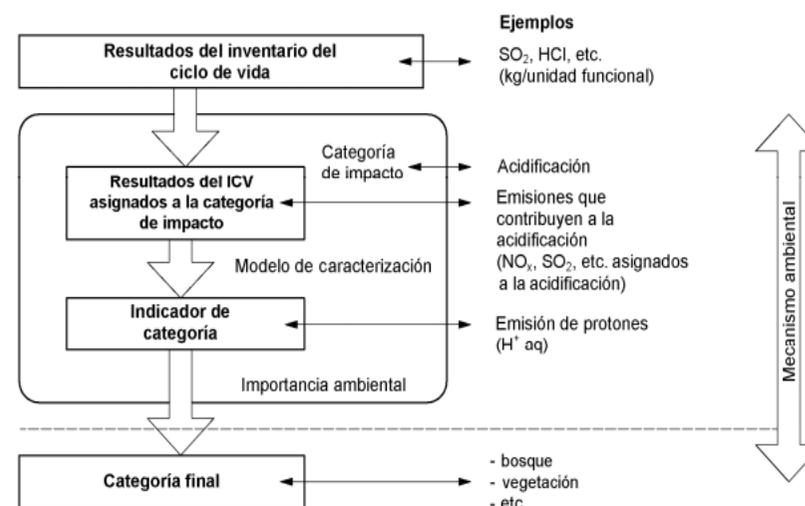


Figura 10. Concepto de indicadores de categoría
(Fuente: AENOR, ISO14040, 2006b)



Siguiendo el ejemplo de la figura anterior el SO₂ se distribuye entre las categorías de impacto de salud humana y acidificación esto sería un ejemplo de la distinción entre mecanismos paralelos, por lo que el flujo se asignará entre las dos categorías de impacto. Por otra parte, el NO_x se puede clasificar para contribuir a la formación del ozono troposférico y a la acidificación este sería un ejemplo de asignación de mecanismos en serie, por lo que el flujo total se asignará por completo a estas dos categorías.

- **La caracterización:** es el cálculo de los resultados del indicador de categoría e implica que mediante los factores de caracterización se realice la conversión de los resultados del ICV a unidades comunes y la suma de los resultados convertidos dentro de la misma categoría de impacto. En los métodos de categoría de impacto es donde se incluyen los factores de caracterización.

Un ejemplo, El CO₂ es la sustancia de referencia para la categoría de impacto “potencial de calentamiento global” y su unidad de referencia es el “kg equivalente de CO₂”. Por lo que todas las emisiones que afectan al calentamiento global se pasan a kg CO₂-equivalentes de acuerdo con el factor de caracterización relevante.

2.2.3.2. ELEMENTOS OPCIONALES

La fase de la EICV puede incluir los elementos opcionales descritos a continuación para facilitar la comprensión de los resultados, los cuales siempre tienen que estar documentados, además de referenciar la información y las fuentes de datos:

- **Normalización:** es el cálculo de la magnitud de los resultados del indicador de categoría en relación con una cantidad de referencia. Su objetivo es entender mejor la magnitud relativa para cada resultado del indicador del sistema del producto en estudio.

En la normalización, los resultados de la categoría de impacto se comparan con las cantidades de referencia para así diferenciar si es lógico o si es una cantidad anormal. Las cantidades de referencia son distintas para cada región o país de referencia, por ejemplo, Suiza durante un período de tiempo de, por ejemplo, 10 años la emisión de CO₂ por persona en Suiza podría ser de 42 toneladas de CO₂ equivalente, y esto referenciarlo a los equivalentes de CO₂ en Europa occidental de una persona. Comparar los resultados de las categorías de impacto con sus magnitudes de referencia es sencillo y se puede identificar rápidamente si el resultado del indicador de impacto afecta mucho o poco a la globalidad de esta categoría de impacto.

Pero para poder comparar entre diferentes categorías de impacto se deben de obtener los resultados del indicador de impacto normalizado, ya que muestran cantidades no dimensionales que permiten por ejemplo que se puedan juntar en un único y comparar cuál de ellas es la más diferente o perjudicial y esto es posible porque tienen unidades físicas iguales.

- **Agrupación:** es la asignación de las categorías de impacto en uno o más conjuntos, es decir, la organización y clasificación de las categorías de impacto según lo definido previamente en la definición del objetivo y del alcance. Existen dos procedimientos posibles:



- Organizar en una base nominal las categorías de impacto, mediante características como entradas y salidas o escalas espaciales.
- Clasificar según una jerarquía, como si la prioridad es baja, media o alta.
- **Ponderación:** es el proceso de conversión de los resultados de indicadores de diferentes categorías de impacto, mediante factores numéricos basados en juicios de valor no en principios científicos. Se suele utilizar para comparar dependiendo de la importancia de los resultados o también se puede utilizar para agregar los resultados del indicador de impacto ponderado a un único resultado de puntaje.
- **Análisis de calidad de los datos de la EICV:** que se utilizan para comprender mejor la importancia, incertidumbre y sensibilidad de los datos de la EICV para ver si hay diferencias significativas o resultados despreciables.

A continuación, se describen las técnicas específicas:

- **Los análisis de gravedad:** es un procedimiento estadístico que identifica los datos que contribuyen normalmente al resultado del indicador. Dando la posibilidad de poder estudiar esos datos con mayor detalle y así asegurar que se han tomado las decisiones correctas. Un ejemplo de ese tipo de análisis puede ser un análisis de Pareto.
- **Los análisis de incertidumbre:** es un procedimiento para obtener la manera en que las incertidumbres en los datos y las suposiciones evolucionan en los cálculos, y de qué forma

afectan a la confiabilidad de los resultados de la Evaluación de Inventario del Ciclo de Vida (EICV).

- **Los análisis de sensibilidad:** es un procedimiento para determinar la forma en el que los cambios en los datos y las elecciones metodológicas afectan a los resultados de la EICV.

Según la naturaleza iterativa del ACV, el resultado de este análisis de calidad en los datos de la EICV puede conllevar a una actualización del Inventario del ciclo de vida.

2.2.3.3. LIMITACIONES DE LA EICV

Existen varias limitaciones, pero las más importantes son las siguientes:

- La EICV trata solamente los asuntos ambientales especificados en el objetivo y el alcance, no trata todos los asuntos ambientales del sistema del producto bajo estudio.
- La EICV no siempre puede demostrar diferencias significativas entre las categorías de impacto y los resultados de sus indicadores correspondientes para diferentes alternativas de los sistemas del producto.
- Hay incertidumbre en los resultados de la EICV, por la ausencia de dimensiones espaciales y temporales en los resultados de la ICV.



- No hay metodologías aceptadas de manera general para asociar de forma coherente y exacta los datos de inventario con los impactos ambientales potenciales específicos.

2.2.4. FASE 4: INTERPRETACIÓN DEL CICLO DE VIDA

En esta última fase de interpretación de un estudio de Análisis de Ciclo de vida, está formada por varios apartados, según se ilustra en la Figura 9 a partir de lo siguiente:

- Identificación de los aspectos significativos basados en las conclusiones del ICV y del EICV.
- Evaluación considerando la verificación de los análisis de sensibilidad, integridad y coherencia.
- Conclusiones, limitaciones y recomendaciones

Esta última fase de interpretación del ciclo de vida y la fase inicial de definición de objetivo y alcance son las que forman el marco de referencia del ACV mientras que las otras dos del ICV y EICV son las que generan información sobre el sistema del producto.

No hay que olvidarse el Análisis de Ciclo de Vida es un proceso iterativo tanto la fase de interpretación como las demás fases del ACV. Además, deben describirse y tenerse en cuenta las funciones y responsabilidades de las diversas partes interesadas.

Las fases para interpretación del ciclo de vida, se pueden observar en la Figura 9, en la cual se puede ver que los resultados del ICV y EICV deben de interpretarse de acuerdo al objetivo y el alcance del estudio y la interpretación debe de incluir una evaluación y verificación del análisis de

sensibilidad de las entradas, salidas y elecciones metodológicas significativas para entender la incertidumbre de los resultados.

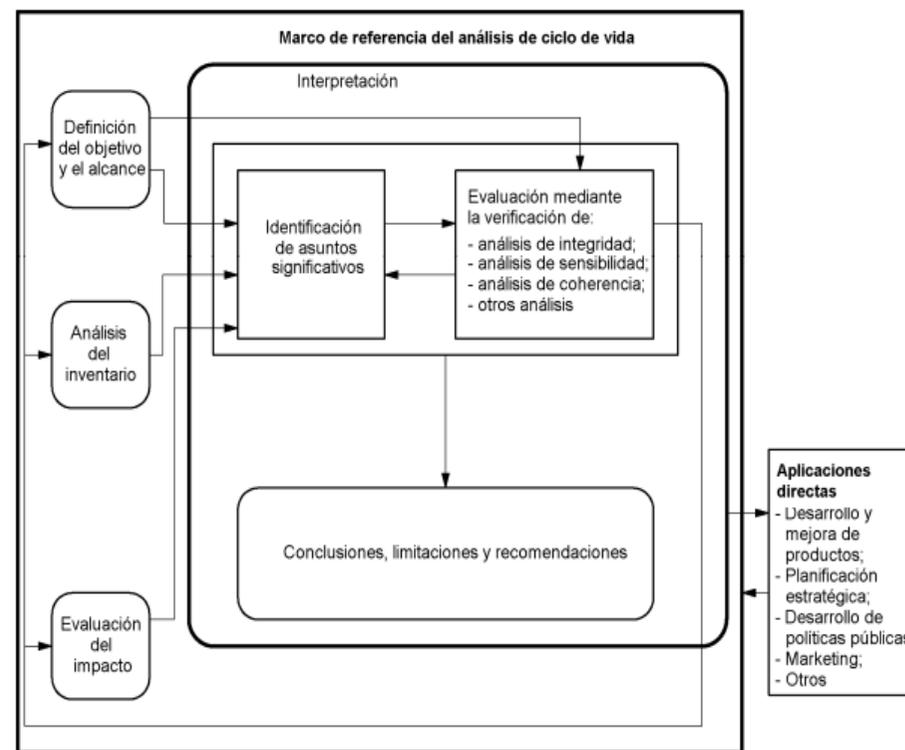


Figura 11. Relaciones entre las fases de interpretación con las otras fases del ACV. (Fuente: AENOR, ISO14040, 2006b).

A continuación, se describen las fases de la interpretación del ciclo de vida.



2.2.4.1. IDENTIFICACIÓN DE LOS ASUNTOS SIGNIFICATIVOS.

El objetivo de esta primera fase de la interpretación del ciclo de vida consiste en estructurar los resultados del ICV y EICV para poder ayudar a identificar los asuntos significativos. Como el propósito en las fases previas, las suposiciones hechas, los métodos utilizados, etc.

Como la cantidad de datos recopilados suele ser muy grande, solo es posible evaluar aquellos que datos contribuyen significativamente durante un tiempo, con recursos razonables y mediante la utilización de enfoques de estructuración. Algunas de las formas de estructurar pueden ser:

- Diferenciación de etapas de ciclo de vida, por ejemplo, producción de los materiales, fabricación utilización y reciclado.
- Diferenciación entre grupos de proceso, por ejemplo, transporte y suministro eléctrico.
- Diferenciación entre proceso con dientes grados de influencia de la dirección.
- Diferenciación entre los procesos unitarios individuales.

Y para identificar los asuntos significativos se pueden determinar por diferentes métodos:

- **Análisis de contribución:** revisa la contribución de las etapas del ciclo de vida o de grupos de proceso al resultado total expresándolo en un porcentaje del total, y este porcentaje se puede clasificar de la siguiente forma:
 - **A:** el más importante, influencia significativa, es decir, contribución > 50%
 - **B:** muy importante, alguna influencia, es decir, 10% < contribución < 25%

- **C:** bastante importante, influencia relevante, es decir, 25% < contribución < 50%
- **D:** poco importante, influencia menor, es decir, 2,5% < contribución < 10%
- **E:** no importante, influencia despreciable, es decir, 2,5%

- **Análisis de la influencia:** examina la probabilidad de influir en los asuntos ambientales, se expresa según las siguientes letras:

- **A** control significativo, grandes mejoras posibles.
- **B** control escaso, algunas mejoras posibles
- **C** sin control.

- **Análisis del predominio:** se analizan las contribuciones significativas con la ayuda de herramientas estadísticas o con técnicas de clasificación cualitativa o cuantitativa.

- **Evaluación de las anomalías:** Se observan con base a experiencias anteriores, las desviaciones inesperadas o inusuales de resultados normales. Lo que permite una verificación posterior de los datos y funciona de guía de mejora en la evaluación. Las anomalías se identifican mediante los siguientes símbolos:

- Resultado inesperado, con contribución demasiado alta o baja.

○ Anomalía (errores de cálculo o transferencia de datos).

Sin comentarios.



2.2.4.2. EVALUACIÓN.

La finalidad de la evaluación es mejorar la confianza y fiabilidad en los resultados del Análisis del Ciclo de Vida, incluyendo los aspectos significativos identificados en el elemento anterior.

Durante la evaluación se deben de usar los siguientes tres métodos de verificación:

- **Verificación del análisis de integridad:** cuyo objetivo es averiguar si la información y los datos necesarios para la interpretación de las fases del ACV es lo suficientemente completa y está disponible, para poder obtener conclusiones de acuerdo con la definición del objetivo y el alcance.

- **Verificación de sensibilidad:** cuyo objetivo es evaluar la confiabilidad en los resultados finales y como se ven estos afectados por la incertidumbre en los datos, suposiciones, métodos de asignación, procedimientos de cálculo, etc. Cuando se comparan diferentes soluciones esta verificación es muy importante para que las diferencias significativas o la falta de ellas puedan ser entendibles.

- **Verificación del análisis de coherencia:** cuyo objetivo es comprobar que los métodos, suposiciones y datos utilizados son coherentes con el objetivo y el alcance del estudio. Algunos temas importantes para verificar podrían ser: calidad de los datos, límites del sistema, reglas de asignación y evaluación de impacto.

2.2.4.3. CONCLUSIONES, LIMITACIONES Y RECOMENDACIONES.

La finalidad de esta parte, la interpretación del ACV, es llegar a conclusiones, identificar limitaciones y realizar recomendaciones para el público previsto del ACV.

Esta parte se debería ejecutar mediante un procedimiento iterativo con los elementos de la fase de interpretación del ciclo de vida. Una forma lógica para realizar el proceso es la que se muestra a continuación:

- Identificación de los asuntos significativos.
- Evaluar la integridad, sensibilidad y coherencia de los resultados y de la metodología.
- Extraer conclusiones preliminares y verificar de si son coherentes con los requisitos del objetivo y el alcance del estudio.
- En caso de que las conclusiones sean coherentes, comunicarlas como las conclusiones finales; de lo contrario volver a realizar desde el inicio los pasos anteriores.

2.2.5. REVISIÓN CRÍTICA

La revisión crítica es un proceso para verificar si un ACV ha cumplido con los requisitos de la metodología, de datos, de interpretación y de información y si es coherente con los principios básicos. En los objetivos debe definirse si la revisión crítica se va a llevar a cabo.

En cuantos los procesos para la realización crítica valdrían cualquiera de estos tres:

- **Revisión crítica por expertos internos:** el experto deberá tener la experiencia científica y técnica apropiada y deberá de ser independiente del ACV.
- **Revisión crítica por expertos externos:** el experto deberá tener la experiencia científica y técnica apropiada y deberá de ser independiente del ACV.
- **Revisión crítica por un panel de partes interesadas:** el cliente que encarga el estudio elige un experto externo independiente del ACV para presidir el grupo revisor.



3. METODOLOGIA DEL ANALISIS DEL CICLO DE VIDA SOCIAL (ACV-S).

La evaluación del impacto social es uno de los pilares de la sostenibilidad de los productos y servicios, este análisis se centra en estudiar los posibles impactos sociales del ciclo de vida de los productos. Como es un enfoque analítico relativamente nuevo, todavía no se han desarrollado herramientas de aplicación compartidas a nivel mundial.

3.1. NORMATIVA A APLICAR.

La evaluación del ciclo de vida ambiental (EICV-A) se ha normalizado mucho, tanto metodológicamente como en lo que respecta a su aplicación (AENOR, 2006a; AENOR, 2006b). Por otro lado, metodología existente para la evaluación desde una perspectiva económica, para saber, el cálculo de los costos del ciclo de vida, también muestra un estado de similitud (Hunkeler, & et. al, 2008), aunque todavía no existe una norma ISO.

Sin embargo, el Análisis del Ciclo de Vida Social (ACV-S) es una técnica bastante nueva para estimar los impactos sociales a lo largo del ciclo de vida de un producto. En el ACV-S se han hecho considerables esfuerzos para desarrollar una metodología sólida y coherente, lo que dio lugar en 2009 a las " *Guidelines for social life cycle assessment of products*", denominadas en lo sucesivo "Directrices". No obstante, según Jorgensen (2013), el ACV-S todavía tiene que demostrar su validez antes de que se pueda considerar que ha salido de su infancia. Incluso en las Directrices se afirma que "existe una necesidad urgente de aplicar la EICV" mediante estudios de casos que ayuden a seguir desarrollando esta metodología (Navarro, Yepes, & Martí; 2018b)

Con todo ello, las guías empleadas han sido:

- *Guidelines for social life cycle assessment of products* (UNEP/SETAC, 2009).
- *The Methodological Sheets for Subcategories in Social Life Cycle Assessment* (UNEP/SETAC, 2013).

3.2. FASES DEL ANALISIS DE CICLO DE VIDA SOCIAL.

En este apartado se explicará la metodología para llevar a cabo un Análisis de Ciclo de Vida Social según la guía *Guidelines for social life cycle assessment of products* (UNEP/SETAC, 2009).

Siempre que sea posible, el ACV-S se basa en gran medida en la metodología del ACV-A. Durante este apartado, las cuatro principales fases (objetivo y alcance del estudio, análisis de inventario, evaluación de impacto e interpretación de la metodología) se presentará y detallará de manera sistemática.

3.2.1. CONCEPTOS GENERALES.

En este apartado se presentan las orientaciones generales y los principales conceptos relacionados con la evaluación social y los impactos socioeconómicos del ciclo de vida de un producto.



3.2.1.1. IMPACTOS SOCIALES.

Los impactos sociales son consecuencias de presiones positivas o negativas sobre los puntos sociales finales, es decir, el bienestar de las partes interesadas. En cuanto a las causas de los impactos sociales, esto implica generalmente tres dimensiones:

- **Comportamientos:** los impactos sociales son aquellos causados por un comportamiento específico (decisión).
- **Procesos socio-económicos:** los impactos sociales son el efecto posterior de las decisiones socio-económicas.
- **Capitales:** (humanas, sociales, culturales): los impactos sociales se relacionan con el contexto original de los atributos poseídos por un individuo, un grupo, una sociedad (por ejemplo, el nivel de educación). Pueden ser positivos o negativos.

3.2.1.2. MARCO DE EVOLUCIÓN

Las subcategorías son la base de una evaluación de ACV-S porque son los elementos sobre los que hay que justificar la inclusión o la exclusión. Estas son temas o atributos socialmente significativos.

Las subcategorías se clasifican según las categorías de interesados (*stakeholder*) y de impacto y se evalúan por el uso de indicadores de inventario, medidos por una unidad de medida. En primer lugar se clasifican por *stakeholder*, ya que esto podría ayudar con la aplicación.

La finalidad de la clasificación en categorías de impacto es apoyar la identificación de las partes interesadas, para clasificar los indicadores de

subcategoría dentro de los grupos que tienen los mismos impactos, y para apoyar un mayor impacto de evaluación e interpretación.

En la Tabla 2 siguiente se ilustra el marco de referencia de la evaluación.

Stakeholder categories	Impact categories	Subcategories	Inv. indicators	Inventory data
Workers	Human rights	■	—	—
Local community	Working conditions	■	—	—
Society	Health and safety	■	—	—
Consumers	Cultural heritage	■	—	—
Value chain actors	Governance	■	—	—
	Socio-economic repercussions	■	—	—

Tabla 2. Sistema de evaluación de categorías a unidad de medida.
(Fuente: UNEP/SETAP, 2009).

3.2.1.3. STAKEHOLDER Y SUBCATEGORIAS.

Las etapas del ciclo vital (y sus procesos unitarios) pueden asociarse a lugares geográficos, donde se llevan a cabo uno o más de los procesos (minas, fábricas, carreteras, ferrocarriles, puertos, tiendas, oficinas, empresas de reciclaje, sitios de eliminación).



En cada uno de estos lugares geográficos, se pueden observar impactos sociales y socioeconómicos en cinco categorías de interesados:

- Trabajadores/empleados.
- Comunidad local.
- Sociedad (nacional y global).
- Consumidores (cubriendo los consumidores finales, así como los consumidores que forman parte de cada paso de la cadena de suministro).
- Los actores de la cadena de valor.

Una stakeholder es un grupo de interesados que se espera que tengan intereses comunes debido a su relación similar con los sistemas de productos investigados. Además, Las categorías de interesados proporcionan una base para la articulación de las subcategorías. Se considera que las categorías de interesados propuestas por la “*Guidelines for social life cycle assessment of products*” (UNEP/SETAP ,2009) son las principales categorías de grupos potencialmente impactados por el ciclo de vida de un producto.

En la *Table 3* se presenta un conjunto amplio de subcategorías basadas en las convenciones sobre derechos humanos y derechos de los trabajadores. Para ir más allá de la evaluación personal y la subjetividad cultural o la orientación política, es útil apoyar la definición de categorías, subcategorías e indicadores de inventario con referencias adecuadas a los instrumentos internacionales.

Stakeholder categories	Subcategories
Stakeholder “worker”	Freedom of Association and Collective Bargaining Child Labour Fair Salary Working Hours Forced Labour Equal opportunities/Discrimination Health and Safety Social Benefits/Social Security
Stakeholder “consumer”	Health & Safety Feedback Mechanism Consumer Privacy Transparency End of life responsibility
Stakeholder “local community”	Access to material resources Access to immaterial resources Delocalization and Migration Cultural Heritage Safe & healthy living conditions Respect of indigenous rights Community engagement Local employment Secure living conditions
Stakeholder “society”	Public commitments to sustainability issues Contribution to economic development Prevention & mitigation of armed conflicts Technology development Corruption
Value chain actors* not including consumers	Fair competition Promoting social responsibility Supplier relationships Respect of intellectual property rights

*Tabla 3. Stakeholder categories and subcategories.
(Fuente: UNEP/SETAP ,2009).*



3.2.2. FASE 1 DEFENICIÓN DEL OBJETIVO Y EL ALCANCE

3.2.2.1. CONCEPTO GENERAL

Lo primero que se necesita cuando se inicia un ACV-S es una clara declaración de propósitos, la cual describe el uso previsto y el objetivo perseguido. A continuación, se definirá el estudio para cumplir ese propósito, dentro de cualquier limitación.

El segundo paso es definir el alcance. La función y la unidad funcional del producto forman parte de la definición del alcance. Basándose en esa información, el sistema del producto será modelado más tarde utilizando el proceso o datos de entrada y salida. En resumen, en la fase de alcance, se define la profundidad del estudio y se decide sobre qué unidad funcional requiere la recopilación de datos genéricos o específicos. Para definir la profundidad del estudio, pueden utilizarse variables de actividad (como las horas de trabajo o el valor añadido).

3.2.2.2. OBJETIVO DEL ESTUDIO

El primer paso del ACV-S tiene como objetivo describir el estudio. Para ello se deben de responder a las siguientes preguntas: ¿Por qué se está llevando a cabo un ACV-S? ¿Cuál es el uso previsto? ¿Qué queremos evaluar? Con lo que la definición del objetivo debe de ser claramente especificada para asegurar que el estudio cumpla con la aplicación pretendida.

3.2.2.3. ALCANCE DEL ESTUDIO

El alcance también se define en la primera fase del estudio abarcando cuestiones de profundidad y amplitud para el estudio. Este define los límites del ciclo de vida del producto y define en detalle la información que debe ser recogida y analizada teniendo en cuenta lo siguiente: de donde vendrán, cuán actualizado estará el estudio, cómo se manejará la información, y dónde los resultados serán aplicables.

La norma ISO 14040 (AENOR, 2006b) especifica: "El alcance debe estar suficientemente bien definido como para asegurar que la amplitud, la profundidad y los detalles del estudio son compatibles y suficientes para alcanzar el objetivo establecido".

El siguiente paso en la fase de objetivo y alcance del ACV-S es decidir si se amplía el alcance del sistema. Para ello, se recomiendan los siguientes pasos:

- Definir el sistema ideal.
- Definir el sistema real a ser modelado.
- Decidir para qué procesos se deben reunir datos específicos del lugar y con qué procesos se debe modelar datos genéricos.

El alcance de un estudio puede afectar en gran medida a los resultados. Por ello, se debe de describir la función (incluida la utilidad del producto), la unidad funcional y otras decisiones de alcance como pueden ser: los grupos interesados y los tipos de impactos que se considerarán, las subcategorías que se incluirán, si se reunirán datos genéricos o específicos de un lugar y para qué procesos unitarios se deben describir.

El sistema de productos, formado por las cadenas de procesos, suele representarse en un diagrama de flujo del proceso, el cual muestra la



principal secuencia de producción, con un nivel de detalle variable de recurso a producto. También el sistema debe incluir energía y materiales auxiliares que apoyen la producción de todos los insumos. Si todos los bucles se dejan fuera del ciclo de vida del producto se puede hacer un diagrama de flujo que se parezca a un árbol con muchas raíces y ramas (véase Figura 10). (UNEP/SETAP, 2009)

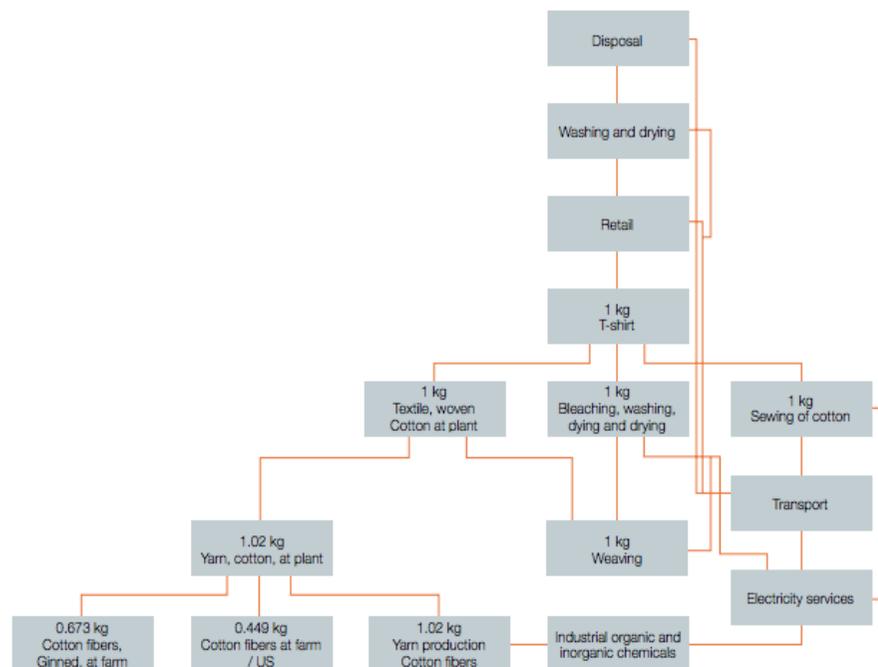


Figura 12. Sistema de productos. (Fuente: UNEP/SETAP, 2009)

3.2.2.4. UNIDAD FUNCIONAL

Es necesario especificar la función y la unidad funcional en un ACV-S. Como se indica en la norma ISO 14044, (AENOR, 2006b): "El ámbito de aplicación deberá especificar claramente las funciones (características de rendimiento) del sistema que se estudia".

La función es la utilidad, el papel que el producto juega para sus consumidores. Por otro lado, la especificación de la unidad funcional y los flujos de referencia es esencial para construir y modelar el sistema de productos. Además, la elaboración de los modelos del sistema de productos es imprescindible para identificar los lugares y los grupos interesados concretos que participan. También es importante para estimar la necesidad y establecer objetivos para la reunión de datos sobre lugares específicos.

A fin de especificar la unidad funcional, se debe definir la función del producto, por lo que se debe de responder a la siguiente pregunta: qué función cumplirá el uso del producto.

Para ayudar a definir una unidad funcional valiosa, se proponen cinco pasos (Weidema et al., 2004):

- **Paso 1:** Describir el producto por sus propiedades incluyendo la utilidad social del producto.
- **Paso 2:** Determinar el segmento del mercado pertinente.
- **Paso 3:** Determinar las alternativas del producto relevantes.
- **Paso 4:** Definir y cuantificar la unidad funcional, en términos de las propiedades obligatorias del producto.
- **Paso 5:** Determinar el flujo de referencia para cada uno de los sistemas de productos.

Estos cinco pasos pueden realizarse de forma iterativa o simultánea.



Las propiedades generales del producto pueden estar relacionadas con:

- **Funcionalidad**, que se refiere a la función principal del producto.
- **Calidad técnica**, como la estabilidad, la durabilidad o la facilidad de mantenimiento.
- **Servicios adicionales** prestados durante el uso y la eliminación.
- **Estética**, como la apariencia y el diseño.
- **Imagen** (del producto o del fabricante).
- **Los costos** relacionados con la compra, el uso y la eliminación,
- **Propiedades ambientales y sociales** específicas.

Las funciones de los dos productos que se van a comparar pueden diferir, pero la unidad funcional debe ser la misma. Por supuesto, una diferencia en las funciones hace que la evaluación sea más débil y debe tenerse en cuenta para la fase de interpretación.

La unidad funcional debe basarse en la función y no en el elemento, especialmente cuando el objetivo es que se comparen dos productos. Uno de los principales propósitos de una unidad funcional es proporcionar una referencia a la cual los datos de entrada y salida se normalizan (en un sentido matemático). Por lo tanto, la unidad funcional debe estar claramente definido y ser medible, además de ser coherente con el objetivo y el alcance del estudio.

La norma ISO 14044 (AENOR, 2006b) define el flujo de referencia como "la medida de los resultados de los procesos en un determinado sistema requerido para cumplir la función expresada por la unidad funcional". En otras palabras, un flujo de referencia es un flujo cuantificado, es decir, cantidad de productos, incluyendo partes del producto, necesarias para que un sistema de producto específico entregue el rendimiento descrito por la unidad funcional. Su misión es traducir la unidad funcional abstracta

en flujos de productos específicos para cada uno de los sistemas de productos analizados (UNEP/SETAP, 2009).

Los flujos de referencia son el punto de partida para construir los modelos necesarios de los sistemas de productos. Ellos proporcionan una referencia para el "peso" de las diferentes empresas en la cadena de suministro.

3.2.2.5. LÍMITES DEL SISTEMA

Los límites del sistema se refieren a la determinación de los procesos unitarios que deben incluirse en el sistema que se está evaluando.

La ISO 14040 (AENOR, 2006a) menciona que el sistema de productos debe ser modelado de tal manera que sólo los flujos elementales cruzan los límites del sistema, es decir, que no hay flujos de productos o productos intermedios (flujos económicos) que puedan entrar o salir del sistema de productos. Este principio también se aplica al ACV-S: los sistemas de productos deben ser modelados de tal manera que estos flujos de productos no crucen los límites del sistema.

Se debe aplicar un perfeccionamiento iterativo al establecimiento de los límites del sistema, se utilizará el refinamiento iterativo por la ISO 14040 (AENOR, 2006a), en la que se pide que se realicen evaluaciones de la sensibilidad de los límites del sistema durante la elaboración de modelos (en lugar de después de que se haga el estudio).

Se usará el sistema de límites del ACV-A para construir sobre él el sistema de límites del ACV-S. Aunque se debe tener cuidado en las evaluaciones consecuentes, ya que las actividades en las que surgen consecuencias importantes como resultado de una acción o decisión puede diferir entre ACV-S y ACV-A.



En las partes en los que no disponga de información sobre empresas, organizaciones e interesados para todos los procesos involucrados en el sistema de productos. Eso no significa que no se pueda realizar un ACV-S. Más bien, esto implica que cuando se comuniquen los resultados, los procesos sobre los que sólo se conoce una pequeña cantidad de información deben indicarse, por ejemplo, aplicando límites de incertidumbre más amplios a los datos de esos procesos.

Después de establecer el límite del sistema, del ACV-S se debe decidir dónde se deben reunir los datos in-situ, si estos son necesarios, ya que también existen los datos genéricos.

Los datos específicos del sitio se refieren a los datos recogidos para un proceso específico, que tiene lugar en una empresa específica, en un lugar específico con los interesados involucrados o afectados. Pero esto no significa que todos los datos deban recogerse in situ, ya que los datos pueden recogerse en otro lugar (por ejemplo, en la oficina municipal, etc.).

Por otro lado, se entiende por datos genéricos los datos que no se han recogido in situ (con los interesados). Incluso los datos que son recogidos de otros lugares del mismo tipo de producto, en el mismo país del que se está estudiando, se siguen considerando genéricos.

3.2.3. FASE 2: ANALISIS DEL INVENTARIO DE CICLO DE VIDA

En esta fase, los datos deben ser recolectados para: la priorización, la evaluación de puntos críticos, la evaluación de sitios específicos y la evaluación de impactos (caracterización).

Los datos se validarán y se refinará el límite del sistema. Además, los datos están relacionados con la unidad funcional y agregados en algunos casos.

3.2.3.1. CONCEPTO GENERAL

El inventario es la fase de un ACV-S donde se recogen los datos, se modelan los sistemas y se obtienen resultados. Con la definición del objetivo y el alcance del estudio, un plan inicial para llevar a cabo la fase de inventario del ACV-S está disponible. Al realizar la fase del inventario se debería seguir los siguientes pasos:

Paso 1. Recopilación de datos (para establecer prioridades y selección, utilizando datos genéricos, evaluación de puntos críticos)

Paso 2. Preparación para la recopilación de datos principales

Paso 3. Recopilación de datos principales

Paso 4. Datos necesarios para la evaluación del impacto (caracterización)

Paso 5. Validación de los datos

Paso 6. Relacionar los datos (principales) con la unidad funcional y la unidad de proceso (cuando proceda)

Paso 7. Actualizar el límite del sistema

Paso 8. Agregación de datos (cuando proceda)

3.2.3.2. Manipulación de coproductos.

El análisis del ciclo de vida de los bienes y servicios conduce con frecuencia a una situación en la que el sistema bajo estudio genera varios productos valiosos. En el caso de que se evalué los impactos de sólo uno de ellos, es necesario modificar el sistema de tal manera que produzca sólo este producto como su salida. En el caso de la modelación por atribución, esto



se hace preferentemente a través de una modelación separada o de la expansión del sistema. Por otro lado, en la modelización consecutiva, el sistema se limita a los procesos que cambian como consecuencia de la modificación de la demanda de la valiosa producción en cuestión.

Las normas de la ISO para la EICV (ISO 14040/44, 2006) definen la asignación como "la división de los flujos de entrada o salida de un proceso o un sistema de productos entre el sistema de productos en estudio y uno o más sistemas de productos". A continuación, se enumeran las formas de tratar los productos múltiples, en orden de preferencia dentro de la Normas ISO:

- Evitar la asignación mediante la recopilación de datos para la producción de cada uno de los productos por separado, y la modelización de su producción por separado.
- Evitar la asignación "dando crédito" al producto principal para una supuesta reducción de la necesidad de otros procesos para producir los coproductos.
- Si la asignación no puede evitarse, entonces primero tratar de modelar explícitamente cómo se relacionan los impactos del proceso causalmente (lo que la ISO llama "físicamente relacionado") a los niveles de producción de cada producto.
- Si no es posible el modelado causal, entonces asignar los impactos del proceso sobre la base de la proporción de ingresos que llegan al proceso por cada uno de sus productos de salida, o alguna otra base.

Un ACV-S informa sobre los impactos sociales y socioeconómicos a lo largo de los ciclos de vida. Estos impactos pueden expresarse lógicamente por unidad de producto resultante de un proceso, luego la orientación de la ISO y el orden de preferencia en la asignación es relevante.

En el caso de los resultados de la ACV-S que no pueden expresarse por unidad de producto del proceso, la asignación cuantitativa ya no ocurre. Sin embargo, vale la pena tener en cuenta las ideas del orden de preferencia de la ISO

3.2.3.3. CALIDAD DE LOS DATOS.

Es importante abordar la calidad y la integridad de los datos, ya que es fundamental para garantizar la fiabilidad y la validez de los resultados, a fin de llegar a conclusiones útiles. En el ACV-S como en la ACV-A, la calidad de los datos puede ser verificada cuantitativa o cualitativamente.

Actualmente no se dispone de un documento de orientación que trate la cuestión de los requisitos de calidad de los datos sociales y socioeconómicos. A pesar del hecho de que los métodos y la experiencia en la caracterización de la calidad de los datos sociales y socioeconómicos siguen estando en desarrollo, existen un conjunto de criterios preliminares que pueden utilizarse para evaluar la calidad de los datos. Para cumplir esos criterios se deben hacer las siguientes preguntas (UNEP/SETAP, 2009):

1. Validez

¿Los datos reunidos y los indicadores utilizados proporcionan información sobre lo que se pretende ser medido?

2. Relevancia

¿Se están utilizando los datos e indicadores adecuados para medir lo que se pretende medir?

3. Métodos de medición



¿Son apropiados los métodos de medición utilizados para generar y/o recopilar los datos?

4. Completitud

¿Cubren los datos reunidos las necesidades del estudio?

5. Accesibilidad/Documentación

¿Están bien documentados los datos?

6. Incertidumbre

¿Como son los resultados de seguros?

Los datos pueden recogerse de fuentes secundarias como las bases de datos de las Naciones Unidas o de la OCDE, o ser proporcionados por la industria, o pueden recogerse directamente utilizando diversos instrumentos. Según la forma en que se generen o adquieran los datos, se plantearán diferentes problemas específicos.

3.2.4. FASE 3: EVALUACIÓN DEL IMPACTO DE CICLO DE VIDA

(EICV)

Esta fase se basa en la clasificación, agregación y caracterización de los datos según los puntos de referencia de rendimiento.

3.2.4.1. CONCEPTO GENERAL

En esta sección se presenta el marco general para una evaluación de los efectos del ciclo vital social y socioeconómico (EICV) siguiendo las directrices generales de la ISO 14044 (AENOR, 2006b). Se señalarán algunas

adaptaciones de la norma cuando sea necesario para el propósito específico del ACV-S.

Las metodologías de evaluación del impacto se encuentran en desarrollo y el ACV-S es un campo abierto para futuras investigaciones.

En ACV-A, los Mecanismos Ambientales son los modelos que representan las vías causales que vinculan el inventario a través de los procesos naturales o sociales por los que el Inventario influye a los posibles impactos sobre los ecosistemas, los recursos y la salud humana. En el ACV-S se utiliza la misma terminología, aunque la interpretación que se propone puede ser más general que el modelado de causa y efecto, como se ha descrito anteriormente en el ACV-A. Así pues, podemos utilizar el término "mecanismo social y socioeconómico " para referirnos a la modelización y el análisis que deriva de los resultados de la EICV-S gracias a los datos del inventario (UNEP/SETAP, 2009).

La fase de EICV-S consiste en los tres pasos obligatorios identificados en la norma ISO 14044 (AENOR, 2006b) para la EICV, que permiten rastrear los datos del Inventario a través de los mecanismos sociales y socioeconómicos pertinentes para definir el impacto social y el impacto socioeconómico (véase Figura 11). Esos tres pasos son los siguientes:

- Selección de categorías de impacto y de métodos y modelos de caracterización. (selección)
- Vinculación de los datos de inventario con subcategorías particulares de la EICV-A y categorías de impacto (clasificación)
- Determinación y/o cálculo de los resultados de los indicadores de las subcategorías (caracterización).

Esos tres pasos se definen con mayor detalle en las secciones siguientes.

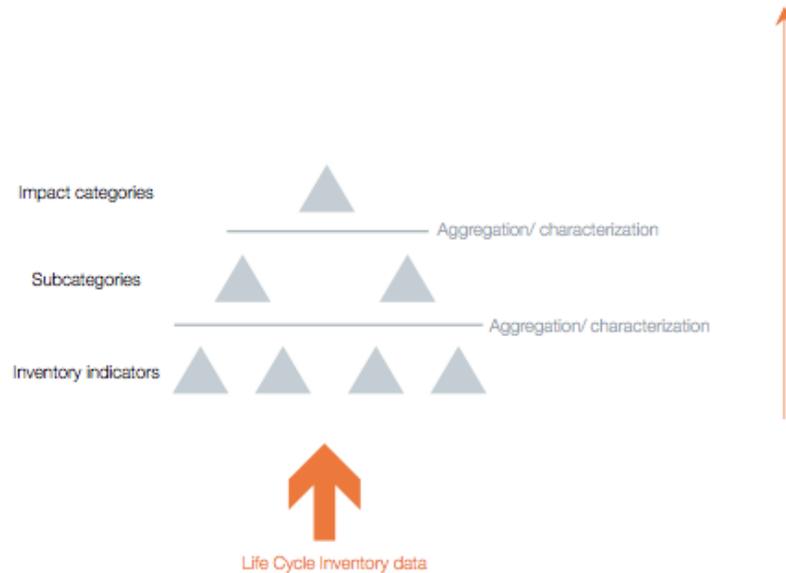


Figura 13. Concepto de subcategoría (Fuente: UNEP/SETAP 2009)

3.2.4.2. SELECCIÓN

Las **categorías de Impacto** son agrupaciones lógicas de los resultados del ACV-S, relacionadas con cuestiones sociales de interés para los *stakeholder* y los responsables de la toma de decisiones. Por el momento, las categorías y subcategorías de interesados son la base sobre la que construir.

En el ACV-A se definen dos tipos de categorías de impacto: *EndPoints* y *MidPoints*. Por otro lado, en el ACV-S se pueden identificar dos tipos de categorías de impacto social y socioeconómico (UNEP/SETAP, 2009):

- Categorías de impacto de **tipo 1** agregan los resultados de las subcategorías dentro de un tema de interés para un grupo de interesado, por ejemplo, los derechos humanos.
- Las categorías de impacto de **tipo 2** modelan los resultados para las subcategorías que tienen una relación causal definida en los criterios, por ejemplo, la autonomía.

Las **subcategorías** (por ejemplo, salario justo, horas de trabajo, etc.) tienen por objeto representar los impactos dentro de una categoría de impacto (por ejemplo, Condiciones de trabajo de los trabajadores). En el ACV-A, el número de categorías de impacto está limitado por la practicidad y se utilizan subcategorías debido a la tendencia a dividir las categorías porque son demasiado heterogéneos y no permiten una agregación científicamente válida. La misma situación se produce en ACV-S.

Las subcategorías son las características o atributos socialmente relevante que debe evaluarse (por ejemplo, el salario justo). Además, varias subcategorías pueden ser utilizado para cubrir una categoría de impacto.

Las subcategorías de una categoría de impacto tratan de describir el significado general de los indicadores utilizados para representar esta subcategoría. Esto se hace a través de un conjunto de indicadores utilizados para representar esta categoría (por ejemplo, Categoría de impacto: Condiciones de trabajo, Subcategoría: Seguridad social y beneficios, indicadores de inventario: porcentaje de empleados cubiertos por 1) seguro de salud, 2) seguro de jubilación, 3) maternidad y permisos de paternidad, 4) contratos legales, etc.).



Por lo tanto, puede haber dos pasos de ponderación/agregación. Uno que permite pasar del indicador de resultados de inventario a un resultado de subcategoría y uno que permita pasar de resultados de subcategorías a un resultado de la categoría de impacto.

Por último, los **métodos sociales y socioeconómicos** pueden adoptar diferentes formas, al igual que los indicadores. Porque algunos impactos sociales y socioeconómicos podrían ser mejor captados a través de indicadores cualitativos. En general se puede elegir entre los indicadores cuantitativos, semicuantitativos y cualitativos dependiendo del objetivo del estudio y de la naturaleza del asunto en cuestión.

- Un indicador cuantitativo es una descripción de la cuestión evaluada mediante números, por ejemplo, el número de accidentes por proceso de unidad.
- Los indicadores cualitativos describen un asunto con palabras. Son nominativos, por ejemplo, un texto que describe las medidas adoptadas por una empresa para controlar el estrés.
- Indicadores semicuantitativos son categorizaciones de indicadores cualitativos en forma de sí/no o en una escala (sistema de puntuación), por ejemplo, presencia de un programa de manejo de estrés (sí-no).

3.2.4.3. CLASIFICACIÓN

El paso de clasificación es la parte en la que los resultados del inventario se asignan a una categoría específica de *stakeholder* y/o categoría de impacto. Al igual que en ACV-A, la clasificación es implícitamente parte de los

desarrollos de los Modelos de Caracterización (Mecanismos sociales y socioeconómicos)

3.2.4.4. CARACTERIZACIÓN

El paso de la caracterización implica el cálculo del resultado de la subcategoría. La norma ISO 14044 (AENOR, 2006b) describe esta fase de la siguiente manera: "El cálculo de los resultados de los indicadores (caracterización) implica la conversión de los resultados del Inventario del Ciclo de Vida a unidades comunes y la agregación de los resultados convertidos dentro de la misma categoría de impacto. Esta conversión utiliza factores de caracterización. El resultado del cálculo es un indicador numérico".

En la EICV-S, los modelos de caracterización son la operacionalización formalizada y no siempre "matemática" de los mecanismos de impacto social y socioeconómico. Pueden ser un paso básico de agregación, aportando texto o la información cualitativa del inventario en un solo resumen, o resumiendo la información social y datos de inventario socioeconómico dentro de una categoría. Los modelos de caracterización también pueden ser más complejos, y que impliquen el uso de información adicional, como los puntos de referencia de rendimiento.

Los puntos de referencia de desempeño pueden ser umbrales establecidos internacionalmente, o metas u objetivos de acuerdo con las convenciones y las mejores prácticas. Los puntos de referencia del rendimiento deben ser transparentes y documentados.

Hay un matiz importante entre los modelos de caracterización ACV-A y ACV-S. En ACV-A, el modelo de caracterización es una multiplicación objetiva entre los datos del inventario y una caracterización, factor definido



de acuerdo con las ciencias ambientales. Al evaluar la información social (ya sea cualitativo o cuantitativo), puede utilizarse un sistema de puntuación para ayudar a evaluar el "significado" del inventario de datos, basados en puntos de referencia de rendimiento. Esto proporciona una estimación del impacto. En contraste con ACV-A, la etapa de puntuación y ponderación del ACV-S podría llevarse a cabo en la etapa de caracterización (en lugar de interpretación), que también puede designarse como la etapa de evaluación del significado.

Los modelos y criterios utilizados para definir los factores de caracterización, así como la puntuación y la ponderación del sistema debe estar bien definido y ser transparente.

3.2.4.5. DESARROLLO DEL IMPACTO SOCIAL Y SOCIOECONÓMICO

Las cuestiones sociales y socioeconómicas de interés (subcategorías) que pueden evaluarse de acuerdo con estas directrices se describen en *"The Methodological Sheets for Subcategories in Social Life Cycle Assessment"* (UNEP/SETAC, 2013).

Al desarrollar los mecanismos sociales y socioeconómicos, es importante tener en cuenta que hay dos enfoques para desarrollar subcategorías y los modelos de caracterización asociados, que podríamos designar como enfoques de arriba abajo y de abajo arriba, los cuales son complementarios (UNEP/SETAP, 2009).

El **enfoque descendente** consiste en la identificación de amplias cuestiones sociales y socioeconómicas de interés. Esto incluye los indicadores de inventario necesarios para evaluarlos y el desarrollo de los modelos de

caracterización que traducen los datos de los inventarios sociales y socioeconómicos en resultados y/o impacto de subcategorías, resultados de la categoría.

Por otra parte, los **enfoques ascendentes** tratan de proporcionar resúmenes de la información de los inventarios, que es proporcionada a nivel de la organización y el proceso, preguntando a los interesados apropiados, indicadores de resumen y métodos de agregación/resumen según su perspectiva. El resultado es una evaluación de las cuestiones de interés en el plano local y su importancia relativa según el apropiado la comprensión de las partes interesadas (trabajadores, comunidad, etc.).

En la etapa de evaluación de los impactos de un ACV-S, la distribución y la proporción de los impactos positivos y negativos es importante de considerar.

Durante esta tercera fase la construcción de las subcategorías y los modelos de caracterización conexos incluirán inevitablemente juicios y suposiciones. Se deben de hacer tan transparentes como sea posible, deben de estar claramente explicados, y que se haga referencia a ella cuando sea posible.

3.2.5. FASE 4: INTERPRETACIÓN DEL CICLO DE VIDA

La interpretación del ciclo de vida es el proceso de evaluación de los resultados para sacar conclusiones (Baumann, & Tillman, 2004). De acuerdo con la meta y el alcance del estudio, esta fase tiene varios objetivos: analizar los resultados, llegar a conclusiones, explicar las limitaciones del estudio, proporcionar recomendaciones e informar adecuadamente.



En la norma ISO 14044 (AENOR, 2006) se definen estos pasos principales:

- 1) **Identificación de los problemas importantes.**
- 2) **Evaluación del estudio** (que incluye consideraciones de exhaustividad y coherencia).
- 3) **Conclusiones, recomendaciones y presentación de informes.**
- 4) **Nivel de compromiso con los interesados** (Esta fase se añade)

A continuación, se desarrolla cada uno de estos pasos.

3.2.5.1. DETERMINACIÓN DE LOS PROBLEMAS IMPOPRTANTE

Las cuestiones importantes son los hallazgos sociales y las elecciones metodológicas críticas. Incluyen la identificación de las principales preocupaciones, limitaciones y supuestos hechos durante el estudio y resultantes del estudio.

Ejemplo de cuestiones significativas en el ACV-S:

Las preocupaciones clave pueden ser los puntos calientes cuando se realiza una evaluación genérica. Puede ser el hallazgo de importantes impactos sociales beneficiosos que no se esperaba o el hallazgo de importantes infracciones de derechos humanos en una organización de procesos unitarios.

En particular, es importante destacar las elecciones de los límites del sistema y el nivel de detalle, desde el genérico hasta el específico, utilizados para cada uno de los procesos del sistema de productos.

El propósito aquí es dar cuenta de cualquier suposición hecha y de las consecuencias de las decisiones tomadas durante todo el estudio.

3.2.5.2. EVALUACIÓN

En la evaluación se pueden utilizar diversos enfoques cualitativos, semicuantitativos y totalmente cuantitativos. Algunos de los requisitos relativos al proceso de evaluación incluyen la realización de un examen crítico, la documentación del proceso de evaluación, las medidas adoptadas para garantizar la transparencia y la verificabilidad de los resultados.

Además, es importante establecer la fiabilidad de las conclusiones, incluidas las cuestiones derivadas de cualquier tema importante.

Hay dos cuestiones clave que hay que evaluar (UNEP/SETAP, 2009):

La **totalidad** tiene por objeto evaluar si se han abordado todas las cuestiones cruciales pertinentes en el estudio y todos los datos necesarios. Incluye la evaluación de los indicadores y los parámetros utilizados para sacar las conclusiones y la evaluación de las lagunas de datos.

La **coherencia** tiene por objeto verificar la idoneidad de la modelización y de las elecciones metodológicas según al objetivo y alcance definidos.

3.2.5.3. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Hay que obtener conclusiones y hacer una recomendación, basada en el objetivo y el alcance del estudio. Puede ser mejor comenzar con conclusiones preliminares y verificar si son consistentes con los requisitos que se preparó para el estudio. Si no son coherentes, puede ser necesario volver a los pasos anteriores para abordar las inconsistencias. Si las



Conclusiones preliminares son coherentes, entonces el informe de los resultados puede seguir. La presentación de informes debe ser totalmente transparente, lo que implica que todas las suposiciones, justificaciones y elecciones se deben identificar. Los resultados pueden presentarse de manera diferente dependiendo del público al que se dirige y de la capacidad para apoyar una conclusión.

Se sugiere estructurar los resultados de manera que puedan identificarse las cuestiones importantes en función del objetivo y el alcance.

Por ejemplo, los resultados pueden presentarse en el formato que se identifica por el carácter de los mismos:

- a) Nivel de detalle (genérico - específico del caso) y/o
- b) Tipo de datos (cualitativos - cuantitativos)

Los resultados también pueden presentarse con fines analíticos:

- a) Alto nivel de riesgo/impacto (genérico) o impacto (específico de cada caso), ya sea positivo o negativo, de cada paso del ciclo de vida
- b) Los puntos calientes/impactos sociales más problemáticos en el ciclo de vida
- c) Determinación de los puntos conflictivos/impactos sociales con respecto a la esfera de responsabilidad/influencia de la persona que toma las decisiones

O por la robustez de los resultados:

- a) Incertidumbre
- b) Cambios en los datos más importantes
- c) Cambios en los escenarios

3.2.5.4. LA PARTICIPACIÓN DE LOS INTERESADOS

Es importante informar sobre la participación y la implicación de los grupos interesados en el estudio, en particular en el caso de un estudio de caso específico

3.3. LIMITACIONES.

A continuación, se expresan las limitaciones identificadas del ACV-S hasta la fecha:

- Limitaciones inducidas por la novedad de la técnica.
- Limitaciones causadas por la dificultad de acceso a los datos.
- Limitaciones relacionadas con la utilización de datos, metodologías e indicadores cualitativos.
- Limitaciones relacionadas con la ignorancia de las relaciones de las cadenas causales.
- Limitaciones relacionadas con la destreza necesaria del redactor.
- Limitaciones debidas al modo de desarrollo.
- Limitaciones relativas a la evaluación de la fase de utilización.
- Limitaciones en la comunicación de resultados.



4. METODOLOGIA DEL COSTE DEL CICLO DE VIDA (CCV).

Para obtener el coste total de adquisición, propiedad y eliminación de un producto, es decir, el coste de todo el ciclo de vida de un producto es necesario el cálculo del coste del ciclo de vida, el cuál es el procedimiento de análisis económico. Este cálculo se puede aplicar al ciclo de vida completo del producto o a partes, incluso también a combinaciones de distintas fases de su ciclo de vida.

La finalidad principal del cálculo del coste del ciclo de vida es facilitar criterios para la toma de decisiones durante cualquiera de las fases del ciclo de vida de un producto.

4.1. BASES DE DATOS

En el sector de la construcción existen numerosas bases de precios, pero dentro de todas estas bases de precios los datos más actualizados, normalizados y adecuados a la zona de construcción provienen de las siguientes bases de precio:

- Instituto Tecnológico de la Construcción (ITeC), Banco de precios BEDEC
- Generador de precios de CYPE.
- Base de precios del Instituto Valenciano de la Edificación (IVE) 2019.

4.2. NORMATIVA APLICADA

Para el coste de ciclo de vida no tiene alcance las norma ISO 14040 y 14044 (AENOR, 2006a ;AENOR, 2006b), aunque en la mayoría de estudios sigue la

estructura de trabajo de estas normas, pero es necesario combinarlo con otras herramientas para profundizar ese análisis. Algunas de estas herramientas o normas que guían en describir la manera de valorar de forma objetiva son:

- UNE-EN 60300-3-3 (UNE, 2009): “Gestión de la confiabilidad-Guía de aplicación-Cálculo del coste del ciclo de vida”. Es la norma más básica para el CCV.
- ISO 15686-5:2017 (ISO, 2017): “*Buildings and constructed assets – Service life planning – Life cycle costing*”. Es una norma a nivel internacional.
- BS 8544:2013 (BSI, 2013): “*Guide for life cycle costing of maintenance during the in use phases of buildings*”. Es una norma a nivel internacional.

Siguiendo la UNE-EN 60300-3-3 (UNE,2009) “Gestión de la confiabilidad-Guía de aplicación-Cálculo del coste del ciclo de vida”, se puede explicar cómo realizar un análisis de coste de ciclo de vida, denominado en lo sucesivo LCC como en la norma o CCV, véase en los siguientes apartados.

4.3. GUÍA DE REALIZACIÓN DEL COSTE DEL CICLO DE VIDA

4.3.1. OBTENCIÓN BÁSICA DEL LCC

Para el concepto del cálculo del coste del ciclo de vida es fundamental comprender el ciclo de vida básico de un producto y de las distintas funciones a desempeñar en esas fases. También es importante la



comprensión de las relaciones de esas funciones para el funcionamiento, mantenibilidad, seguridad, fiabilidad, y otras características del producto que colaboran en el coste del ciclo de vida.

En el ciclo de vida de un producto hay seis fases básicas:

- 1) concepción y definición
- 2) diseño y desarrollo
- 3) producción
- 4) instalación
- 5) uso y mantenimiento
- 6) eliminación

De forma genérica los costes totales durante las fases del ciclo de vida se suelen dividir entre coste de adquisición, coste de propiedad y coste eliminación conformando la suma de todas ellas es el LCC como se puede ver en la siguiente formula extraída de la norma UNE-EN 60300-3-3 (UNE, 2009).

$$\text{LCC} = \text{Coste}_{\text{de adquisición}} + \text{Coste}_{\text{de propiedad}} + \text{Coste}_{\text{de eliminación}}$$

Los costes de adquisición: son normalmente fáciles de interpretar y pueden evaluarse antes de tomar la decisión de adquisición. Pueden incluir o no los costes de instalación.

Los costes de propiedad: son difíciles de prevenir y no son tan evidentes. En la mayoría de los casos son superiores a los costes de adquisición, convirtiéndose en el componente mayor del LCC. También pueden incluir los costes de instalación.

Los costes de eliminación: pueden presentar una proporción significativa del total del LCC. En algunos casos la ley puede obligar a la realización de algunas actividades como es el caso de las centrales nucleares.

Estos tres serían los costes más generales, pero a la hora de realizar los costes del ciclo de vida es necesario la interpretación de otros costes más específicos como los que se define en el apartado 4.3.2.1. "COSTES Y CALCULO DEL COSTE DE CICLO DE VIDA".

4.3.1.1. CONCEPTO DE MODELO LCC

Como cualquier modelo, un modelo de LCC, es una representación sintetizada de la realidad. Se obtienen las características y aspectos más significativas del producto y se convierten en relaciones con los costes estimados. Para que el modelo sea realista debería:

- Representar las características del producto a estudiar, incluyendo su entorno de uso previsto, el mantenimiento y también cualquier restricción o limitación.
- Incluir y destacar todos los factores que son relevantes para el LCC para así ser completo.
- Fácilmente entendible para que se pueda utilizar en la toma de decisiones, en su actualización y en la modificación futura, Por lo que tiene que ser simple.
- Debe de estar diseñado para que permita la evaluación de elementos específicos del LCC independientemente de otros elementos.



Un objetivo importante para desarrollar los modelos de LCC es identificar tanto los costes que pueden tener una mayor influencia en el LCC como los costes que tienen una pequeña influencia en el LCC. Los primeros serán los costes de mayor cantidad y los segundos los de menor cantidad.

Para calcular el coste total del ciclo de vida es necesario descomponer el LCC total en los elementos de coste que lo conforman. Estos elementos de coste deben identificarse individualmente de forma que puedan definirse claramente y estimarse.

Para realizar la descomposición del LCC hay diversos modelos, un modelo práctico de descomposición es básicamente una estructura que contiene fórmulas matemáticas para la estimación del coste asociado con cada uno de los elementos que constituyen el LCC.

Un ejemplo de desarrollo de modelos de coste de ciclo de vida (LCC) podría ser el siguiente (formulas extraídas de la norma UNE-EN 60300-3-3(UNE, 2009)):

▪ **Primer nivel de desglose:**

El coste de ciclo de vida se obtiene de:

$$LCC = C_{CD} + C_{DD} + C_M + C_I + C_{OM} + C_D$$

donde:

LCC es el coste del ciclo de vida;

C_{CD} es el coste de la fase de concepción y definición;

C_{DD} es el coste de la fase de diseño y desarrollo;

C_M es el coste de la fase de fabricación;

C_I es el coste de la fase de instalación;

C_{OM} es el coste de la fase de operación y mantenimiento;

C_D es el coste de la fase de eliminación.

▪ **Segundo nivel de desglose:**

En este segundo nivel se debería de identificarse individualmente los elementos de coste que lo conforman.

Como ejemplo se muestra el coste de la fase de fabricación, en caso de querer ver el ejemplo completo con todos los elementos de coste desglosado ir a la norma UNE-EN 60300-3-3 (ANEXO D).

○ **El coste de la fase de fabricación:**

CM se obtiene de:

$$C_M = C_{MN} + C_{MR}$$

Donde:

C_{MN} es el coste de fabricación, no recurrente;

C_{MR} es el coste de fabricación, recurrente.



4.3.2. PROCESO DE CÁLCULO DEL COSTE DEL CICLO DE VIDA

El proceso del cálculo del coste del ciclo de vida implica la identificación y evaluación de los costes relacionados con la adquisición, propiedad y eliminación del producto bajo estudio durante su ciclo de vida. Para obtener resultados que puedan emplearse, de forma útil y correcta se debería realizar el análisis de costes de ciclo de vida de manera estructurada y documentada, para ello se deben seguir los siguientes pasos:

Planificación del cálculo del coste del ciclo de vida: se basa en elaborar un plan en el cual se definan los objetivos y el alcance del análisis.

Selección o desarrollo del modelo de LCC: se deberían seleccionar o desarrollar modelos de LCC lo suficientemente detallados como para cumplir los objetivos del análisis, teniendo en cuenta la disponibilidad de datos.

Aplicación del modelo de LCC: El cálculo del coste del ciclo de vida se explicará en el siguiente apartado 4.3.2.1.

Documentación del cálculo del coste de vida: se debería realizar un informe con toda la documentación que permita a los lectores entender claramente sus implicaciones, y las limitaciones e incertidumbres asociadas con los resultados.

Revisión de los resultados del cálculo del coste del ciclo de vida: se debería realizar una revisión formal, si es posible por alguien independiente al estudio, del análisis para comprobar que los resultados son correctos y completos.

Actualización del análisis: guardar el modelo de LCC actual de forma que pueda ser empleado a lo largo del ciclo de vida del producto, y así poder actualizar los resultados del análisis en un futuro.

Como ya se ha comentado al inicio de este apartado las suposiciones hechas en cada paso, deberían estar bien documentadas para facilitar tales iteraciones y para ayudar a la interpretación de los resultados del análisis.

4.3.2.1. COSTES Y CALCULO DEL COSTE DE CICLO DE VIDA.

Dentro del coste de ciclo de vida existen distintos costes asociados a la adquisición, producción, uso, mantenimiento y eliminación de un producto, y algunos de estos costes asociados suelen ser:

- Costes iniciales:
 - Costes de compra
 - Costes de adquisición
 - costes de construcción
- Costes energéticos y de combustible.
- Costes de operación, mantenimiento y reparación.
- Costes de reposiciones.
- Valores residuales de la estructura.
- Cargos financieros.

Estos costes son necesarios dentro de cada coste total para ver si son relevantes para la toma de decisiones y se consideran relevantes, cuando son lo suficientemente altos para hacer una diferencia creíble en el LCC de una alternativa de proyecto.

Los precios deben estar actualizados, en caso de que no estuvieran actualizados se pueden utilizar ciertas herramientas como:



- **Periodo de costes:** considerando la longitud del periodo de contrato, periodo de estudio y de servicio.
- **Tasa de descuento:** permite determinar los flujos de caja transcurridos en diversas fases del ciclo de vida de un proyecto o servicio haciéndolos equivalentes en el presente.
- **Tratamiento de la inflación:** debe definirse si se tiene en cuenta la tasa de inflación general o no, ya que un CCV se debe expresar en unidades monetarias.

Una vez identificados todos los costes por año, deben sumarse todos los costes actualizados para calcular el CCV del proyecto, para ello se utiliza la siguiente ecuación:

$$CCV = CI + CREP - CRES + CE + CW + OM\&R + OC$$

Donde:

- CCV = Coste del Ciclo de Vida actualizado
- CI = Costes iniciales de inversión.
- CREP = Coste de reposiciones.
- CRES= Valor Residual – Costes de disposición
- CE = Costes energéticos
- CW = Costes del agua
- OM&R= Coste de operaciones no energéticas, mantenimiento y costes de reparación
- OC = Otros costes

4.3.3. MEDIDAS COMPLEMENTARIAS

En las normas internacionales se identifican diferentes metodologías que pueden ser útiles para realizar el CCV de una manera eficiente:

Una medida de evaluación muy común es el **Coste más Bajo del Ciclo de vida (CCV+B)**, ya que es una medida de evaluación económica muy sencilla de interpretar.

Otras medidas de evaluación económica de uso común que también se emplean, para llevar a cabo ciertos objetivos específicos, son las que se definen a continuación:

- **Coefficiente de ahorro a la inversión (AIR):** relación entre la diferencia en los costes de inversión de capital y el ahorro operacional.
- **Ahorro neto (AN):** la diferencia entre el ahorro operacional y la diferencia en los costes de inversión de capital.
- **Tasa de rentabilidad interna ajustada (TRIA):** rendimiento anual de una alternativa durante el estudio, considerando que, la reinversión de los rendimientos intermedios a la tasa de descuento.
- **Reembolso simple (SPB):** tiempo exigido en el ahorro acumulado de una alternativa para recuperar su coste inicial de inversión y otros costes acumulados sin considerar el valor temporal del dinero.



- **Reembolso descontado (DPB):** tiempo exigido en el ahorro acumulado de una alternativa para recuperar su coste inicial de inversión y otros costes acumulados considerando el valor temporal del dinero.

Estos últimos métodos son consistentes con CCV+B si se emplean los mismos parámetros y la misma duración del periodo de estudio. Pero los tres primeros métodos el AIR, AN y TRIA son consistentes con el CCV+B de una alternativa si se utilizan de manera correcta, con los mismos valores de entrada y suposiciones ajustadas al periodo de tiempo. Por otra parte, las otras medidas complementarias, SPB y DPB, solo son valida con el CCV si se calculan durante todo el período de estudio y no solo durante los años del período de recuperación de la inversión.

4.3.4. INCERTIDUMBRE

La norma deja muy claro en diversos apartados que el CCV es una estimación de los costes de adquisición, propiedad y eliminación de un producto durante su ciclo de vida. Por lo que, la confianza en los resultados del cálculo del coste del ciclo de vida depende de las hipótesis hechas en el modelo del LCC, de la disponibilidad y uso de información relevante, y de los datos de entrada utilizados para hacer el análisis.



5. ANALISIS DEL CICLO DE VIDA DE LAS ALTERNATIVAS

A lo largo de este apartado se realiza un Análisis de Ciclo de Vida Ambiental (ACV-A), un Análisis de Ciclo de Vida Social (ACV-S) y un Análisis de Coste del Ciclo de Vida (CCV) para obtener una comparativa ambiental, social y económica de las 4 alternativas propuestas. Para la realización de estos ACV se han seguido las metodologías descritas en los apartados 2, 3 y 4 respectivamente. Estos ACV tienen como finalidad el poder realizar un análisis comparativo y obtener criterios que se utilicen en la toma de decisiones, para poder elegir la alternativa más adecuada.

5.1. ANALISIS DEL CICLO DE VIDA AMBIENTAL (ACV-A)

5.1.1. DEFINICIÓN DEL OBJETIVO Y ALCANCE

La finalidad principal del ACV-A de este estudio es analizar y comparar los impactos ambientales causados por los 4 tipos de pasarelas con el fin de poder utilizar los resultados del análisis en la toma de decisiones. Como es de esperar para poder realizar una comparativa se deben de dar una serie de requisitos como que las dimensiones de la pasarela sean similares, que el periodo de vida útil sea el mismo y que soporten una capacidad de carga similar.

Las tipologías estructurales bajo análisis de este estudio son:

- **Alternativa 1:** Pasarela tipo Warren en arco
- **Alternativa 2:** Pasarela tipo Warren
- **Alternativa 3:** Pasarela en hormigón in-situ
- **Alternativa 4:** Pasarela tipo arco atirantado (*Bowstring*)

Para establecer los límites del sistema, que son necesarios para definir las entradas y salidas las cuales deben cuantificarse, se recomienda que el ACV cubra toda la vida útil de las estructuras (de la cuna a la cuna), aunque al utilizar los resultados del análisis simplemente para la toma de decisiones y no para que sirva de guía para análisis futuros, el análisis solo englobará las actividades de la “puerta a la tumba”. Se explicará en mayor medida en el apartado 5.1.1.2.

Lo más común es que la unidad de definición de estas estructuras sea el metro cuadrado (m²), aunque en algunos estudios también se ha empleado el metro lineal. Se explicará en mayor medida en el apartado 5.1.1.1.

Se necesita un software que pueda analizar todas las entradas y que dé como resultado las salidas, por ello y además de porque es un software de uso e interpretación sencillo que permite utilizar distintas metodologías y bases de datos se ha utilizado para llevar a cabo el estudio el **OpenLCA versión 1.10.2**.

La base de datos escogida ha sido **Ecoinvent** y la metodología ha sido **ReciPe**. Se explicará en mayor medida en los apartados 5.1.1.4 y 5.1.1.3. respectivamente.

Para los requisitos de calidad de los datos, se debe de tener en cuenta que a los datos se les aplica incertidumbres debido a que los datos están basados en procesos que difieren atendiendo a su localización geográfica, la tecnología empleada, fiabilidad e integridad de los datos y la correlación temporal con los análisis reales. Se explicará en mayor medida en el apartado 5.1.1.5.

En los siguientes apartados, se definen todos los puntos que necesitan información concreta para realizar el análisis:



5.1.1.1. UNIDAD FUNCIONAL

La evaluación de impactos requiere la definición de una unidad descriptiva a la que atribuir los impactos. El presente estudio define la unidad funcional de análisis como la estructura de dimensiones equivalentes a un metro cuadrado (m²) de pasarela.

5.1.1.2. LIMITES DEL SISTEMA

Para establecer los límites del sistema debe de estar muy claro el Ciclo de Vida de las pasarelas, el cual se divide en 4 fases:

- **Fase 1:** esta fase incluye todos los procesos destinados a la producción de las materias primas necesarias. Además, en esta fase también se incluye el transporte de la materia prima a la fábrica.
- **Fase 2:** se basa en la fabricación de todos los materiales necesarios para su construcción y el transporte tanto de maquinaria a la obra como los transportes de los materiales a la obra.
- **Fase 3:** se basa en la construcción de las pasarelas, incluye todos los trabajos necesarios para terminar tanto la construcción como la instalación de las estructuras, sin incluir las instalaciones eléctricas puesto que son idénticas en las 4 estructuras. Pero si se incluye la construcción de la pila intermedia en aquellas alternativas que la disponga, ya que si no se incluyera se estaría obteniendo unos resultados poco precisos.

- **Fase 4:** se basa en el uso y mantenimiento. Para las pasarelas independientemente de que material estén constituidas la IAP-11 indica un periodo de vida útil de 100 años. Durante todo este periodo se espera en las soluciones metálicas que el mayor problema sea la oxidación, por lo que se pintara con tratamientos antioxidante cuando sea necesario y según se observe en las revisiones cíclicas. Por otro lado, en la alternativa de hormigón el mayor problema serán los cloruros por lo que se realizarán revisiones cíclicas y adoptarán las medidas correspondientes. Además, en todas las alternativas se tendrá que realizar mantenimiento y alguna reparación puntual.

- **Fase 5:** se basa en el fin de vida de las estructuras, que abarca todas las actividades necesarias para realizar la demolición de las pasarelas, y el reciclaje de los materiales. En el caso de las estructuras de acero se tienen en cuenta el transporte hasta vertedero y el despiece de las piezas, pero no su reciclaje ya que en las tres soluciones sería el mismo. Por otro lado, en el caso de las soluciones de hormigón se tiene en cuenta el transporte hasta vertedero el machacado de las piezas de hormigón, y el fenómeno de carbonatación, calculado con la siguiente fórmula (Pons et al ,2018).

$$CO_2fixed (kg) = 0.383 \cdot \frac{k\left(\frac{mm}{\sqrt{year}}\right) \cdot \sqrt{t(year)}}{1000} \cdot A(m^2) \cdot C\left(\frac{kg}{m^3}\right) \cdot K(\%)$$

Es importante indicar que a causa de las limitaciones técnicas del estudio y al tratarse de un estudio básico no se han tenido en cuenta la producción de las materias primas ni su transporte a fabrica, es decir la fase 1, puesto



que al ser 3 de las 4 soluciones metálicas se supone que la diferencia de fabricación de las materias primas no causaría unas diferencias apreciables para el estudio y por las limitaciones del estudio.

Por lo que, las fases del sistema que están dentro del análisis del sistema son la fase 2 (*Manufacturing*), 3 (*Construction*), 4 (*Use and Maintenance*) y 5 (*End of life*), metodología conocida como ACV “*from gate to the gravel*”. Aunque se recomienda que en un ACV-A deben introducirse dentro del sistema todas las etapas del ciclo de vida, al tratarse de un estudio básico para la toma de decisiones se considera aceptable los límites establecidos para el sistema.

5.1.1.3. METODOLOGÍA DE EVALUACIÓN DE IMPACTOS

Existen diversas metodologías de impacto para la evaluación de impactos, pero de entre todas estas destacan tres métodos, que son el Eco-Indicator, CML y ReciPe. A continuación, se definen brevemente:

- **Eco-Indicator:** proporciona información de impactos agregados (endpoint) que son fáciles de interpretar, cosa que ayuda a quien realiza el ACV-A y a quien finalmente tiene que comprender los resultados, ya que no tiene que trabajar con un volumen de información tan grande para la toma de decisiones.
- **CML:** aporta una aproximación de impactos no agregados (midpoint) los cuales tienen como positivo que dan información muy fiable ya que da numerosa información y muy detalla, pero todo ello conlleva a que solo una parte de la información sea útil para realizar el ACV-A.

- **ReciPe:** ofrece una aproximación de impactos no agregados y agregados, lo que la convierte en la opción más completa a la hora de realizar un ACV-A.

Al final, la metodología escogida ha sido **ReciPe** por ser la más completa.

5.1.1.4. BASE DE DATOS

Una vez realizada la revisión bibliográfica de los Análisis del Ciclo de Vida Ambiental referidos al sector de la construcción, centrándose especialmente sobre todo en los estudios referidos a estructuras tipo puente, se concluye que la mejor base de datos que puede utilizarse es **Ecoinvent**, ya que dispone de mucha información sobre el sector de la construcción (Zastrow et al., 2017).

5.1.1.5. INCERTIDUMBRE

En cuanto a las condiciones de incertidumbre en los datos hay que dejar claro que se dividen en dos incertidumbres distintas.

- Los factores básicos de incertidumbre, los cuales varían dependiendo del tipo de entrada o salida considerada (véase Tabla 4) (Frischknecht et al., 2005).
- Los factores de incertidumbres relacionados a los aspectos de localización geográfica, la tecnología empleada, fiabilidad e integridad de los datos y la correlación temporal con los análisis reales. (Ciroth & Srocka, 2008).



Input / output group	c	p	a
Demand of:			
Thermal energy, electricity, semi-finished products, working material, waste treatment services	1.05	1.05	1.05
Transport services (tkm)	2.00	2.00	2.00
Infrastructure	3.00	3.00	3.00
Resources:			
Primary energy carriers, metals, salts	1.05	1.05	1.05
Land use, occupation	1.50	1.50	1.50
Land use, transformation	2.00	2.00	2.00
Pollutants emitted to air:			
CO ₂	1.05	1.05	
SO ₂	1.05		
NMVOG total	1.50		
NO _x , N ₂ O	1.50		1.40
CH ₄ , NH ₃	1.50		1.20
Individual hydrocarbons	1.50	2.00	
Pm>10	1.50	1.50	
Pm10	2.00	2.00	
Pm2.5	3.00	3.00	
Polycyclic aromatic hydrocarbons (PAH)	3.00		
CO, heavy metals	5.00		
Inorganic emissions, others		1.50	
Radionuclides (e.g. Radon-222)		3.00	
Pollutants emitted to water:			
BOD, COD, DOC, TOC, inorganic compounds (NH ₄ , PO ₄ , NO ₃ , Cl, Na, etc.)		1.50	
Individual hydrocarbons, PAH		3.00	
Heavy metals		5.00	1.80
Pesticides			1.50
NO ₃ , PO ₄			1.50
Pollutants emitted to soil:			
Oil, hydrocarbon total		1.50	
Heavy metals		1.50	1.50
Pesticides			1.20

Tabla 4. Factores de incertidumbre básicos. (Frischknecht et al., 2005).

Indicator score	1	2	3	4	5 (default)
Reliability	Verified ^a data based on measurements ^b	Verified data partly based on assumptions or non-verified data based on measurements	Non-verified data partly based on qualified estimates	Qualified estimate (e.g. by industrial expert)	Non-qualified estimate
Completeness	Representative data from all sites relevant for the market considered, over an adequate period even out normal fluctuations	Representative data from > 50 % of the sites relevant for the market considered, over an adequate period to even out normal fluctuations	Representative data from only some sites (<50 %) relevant for the market considered or > 50 % of sites but from shorter periods	Representative data from only one site relevant for the market considered or some sites but from shorter periods	Representativeness unknown or data from a small number of sites and from shorter periods
Temporal correlation	Less than 3 years of difference to the time period of the dataset	Less than 6 years of difference of the time period of the dataset	Less than 10 years of difference to the time period of the dataset	Less than 15 years of difference to the time period of the dataset	Age of data unknown or more than 15 years of difference to the time period of the dataset
Geographical correlation	Data from area under study	Average data from larger area in which the area under study is included	Data from area with similar production conditions	Data from area with slightly similar production conditions	Data from unknown or distinctly different area (North America instead of Middle East, OECD-Europe instead of Russia)
Further technological correlation	Data from enterprises, processes and materials under study	Data from processes and materials under study (i.e. identical technology) but from different enterprises	Data from processes and materials under study from different technology	Data on related processes or materials	Data on related processes on laboratory scale or from different technology

Tabla 5. Matriz de pedigree. (Fuente: Ciroth, Weidema, & Lesage, 2016)

Puesto que se trabaja con *Ecoinvent*, para obtener la incertidumbre de los datos es necesario utilizar el factor básico de incertidumbre dependiendo de los tipos de entradas y salidas y posteriormente evaluar la fiabilidad e integridad de los datos, las correlaciones temporales, tecnológicas y geográficas de la información a través de la matriz Pedigree (véase Tabla 5) para medir la calidad de los datos. (Ciroth, Muller, Weidema, & Lesage, 2016)



5.1.2. INVENTARIO DEL CICLO DE VIDA (ICV)

El Inventario del Ciclo de Vida es una parte muy importante del ACV-A, ya que se recopilan y cuantifican las entradas y salidas del sistema durante el ciclo de vida, en este caso durante las fases 2, 3, 4 y 5 puesto que es un ACV-A de la puerta a la tumba. Se han identificada los recursos de entrada los consumos de energía, las emisiones producidas, la materia prima, y los residuos y vertidos generados para las distintas tipologías en estudio.

Para ello se han identificado los procesos más importantes de entradas y salidas de recursos y emisiones en el sistema constructivo y se han buscado sus flujos en *Ecoinvent*. Y una vez encontrados estos flujos cuantificarlos en base a los valores de mediciones de cada alternativa, los cuales pueden verse en las tablas que se presentan en los siguientes apartados. La gran mayoría de estos procesos son fáciles de interpretar, cuando se descomponen en varios flujos, como por ejemplo el hormigón. Pero hay algunos procesos que no tienen un flujo en *Ecoinvent*, en estos casos se ha utilizado la base de datos del BEDEC, que proporciona datos sobre el coste energético y las emisiones de CO2 de ciertas unidades de obra, lo cual, si tiene un flujo en *Ecoinvent*, todos estos procesos se podrán ver en las tablas del apartado 5.1.2.1 Un ejemplo de un proceso formado por varios flujos sería la grúa que está formada por dos flujos “*carbon dioxide*” y “*electricity médium voltage*”. Posteriormente se realizarán el inventario de cada alternativa dividiéndolo según las fases del ciclo de vida que se han tenido en cuenta dentro del sistema.

Por otro lado, las distancias de transporte se han supuesto, ya que al ser en las 4 alternativas las mismas no influirá a la hora de compararlas.

5.1.2.1. PROCESOS FORMADOS POR VARIOS FLUJOS

En este apartado se van a identificar y a definir todos aquellos procesos que estén formados por más de un flujo. Estos procesos se van a dividir según las 4 fases a tener en cuenta dentro del sistema que son:

- *Manufacturing*
- *Construction*
- *Use and Maintenance*
- *End of life*

Las siguientes tablas conforman los procesos de varios flujos dentro de las **alternativas de acero**:

PROCESOS	OpenLCA flows	Amount	Unit
Acero estructural S355 JR	section bar rolling	1	kg
	steel, low-alloyed converter	0,33	kg
	steel, low-alloyed electric	0,67	kg
Acero chapa grecada	sheet rolling steel	1	kg
	steel, low-alloyed converter	0,33	kg
	steel, low-alloyed electric	0,67	kg
Acero hormigón B500S	hot-rolling, steel	1	kg
	steel, low-alloyed converter	0,33	kg
	steel, low-alloyed electric	0,67	kg
Péndolas (Y-1860)	wire drawing steel	1	kg
	steel, low-alloyed converter	0,33	kg
	steel, low-alloyed electric	0,67	kg
Anclajes	section bar rolling	1	kg
	steel, low-alloyed converter	0,33	kg
	steel, low-alloyed electric	0,67	kg
Hormigonera	Carbon dioxide	75,69	kg
	electricity, medium voltage	949,45	MJ

Tabla 6. Procesos de varios flujos en Manufacturing.
(Fuente: Elaboración propia)



PROCESOS	openLCA flows	Amount	Unit
Grúa autopropulsada	Carbon dioxide	87,34	kg
	electricity, medium voltage	1095,52	MJ
Encofrado	plywood, for outdoor use	0,0083	m3
	Transport, freight, lorry 3,5-7 metric ton EURO6	358,333	kg*km
Camión con bomba	Carbon dioxide	75,69	kg
	electricity, medium voltage	949,45	MJ
Acero grupo electrógeno	Carbon dioxide	12,13	kg
	electricity, medium voltage	152,16	MJ
Equipo auxiliar para soldadura	Carbon dioxide	18,83	kg
	electricity, medium voltage	139,6	MJ
Pintura acero	Carbon dioxide	54,91	kg
	electricity, medium voltage	372	MJ
Pintura hormigón	Carbon dioxide	3,64	kg
	electricity, medium voltage	24,7	MJ

Tabla 7. Procesos de varios flujos en Construction.
(Fuente: Elaboración propia)

PROCESOS	openLCA flows	Amount	Unit
Pintura acero	Carbon dioxide	54,91	kg
	electricity, medium voltage	372	MJ
Pintura hormigón	Carbon dioxide	3,64	kg
	electricity, medium voltage	24,7	MJ
Camión mantenimiento	Carbon dioxide	29,11	kg
	electricity, medium voltage	365,17	MJ
Soldadura de reparación	Carbon dioxide	12,13	kg
	electricity, medium voltage	152,16	MJ
Mortero de reparación	Carbon dioxide	1,5	kg
	electricity, medium voltage	10,14	MJ

Tabla 8. Procesos de varios flujos en Use and Maintenance.
(Fuente: Elaboración propia)

PROCESOS	openLCA flows	Amount	Unit
Grúa autopropulsada	Carbon dioxide	87,34	kg
	electricity, medium voltage	1095,52	MJ
Derribo hormigón	Carbon dioxide	13,14	
	electricity, medium voltage	126,08	
Corte para eliminar soldaduras	Carbon dioxide	20,85	kg
	electricity, medium voltage	154,5	MJ

Tabla 9. Procesos de varios flujos en End of life.
(Fuente: Elaboración propia)

Las siguientes tablas conforman los procesos de varios flujos dentro de la alternativa de hormigón:

PROCESOS	openLCA flows	Amount	Unit
Acero hormigón B500S	hot-rolling, steel	1	kg
	steel, low-alloyed converter	0,33	kg
	steel, low-alloyed electric	0,67	kg
Hormigonera	Carbon dioxide	10,6	kg
	electricity, medium voltage	132,92	MJ

Tabla 10. Procesos de varios flujos en Manufacturing.
(Fuente: Elaboración propia)



PROCESOS	openLCA flows	Amount	Unit
Grúa autopropulsada	Carbon dioxide	87,34	kg
	electricity, medium voltage	1095,52	MJ
Encofrado	plywood, for outdoor use	0,0083	m3
	Transport, freight, lorry 3,5-7 metric ton EURO6	358,333	kg*km
Camión con bomba	Carbon dioxide	75,69	kg
	electricity, medium voltage	949,45	MJ
Cimbra	Carbon dioxide	5,85	kg
	electricity, medium voltage	182,35	MJ
Pintura hormigón	Carbon dioxide	3,64	kg
	electricity, medium voltage	24,7	MJ

Tabla 11. Procesos de varios flujos en Construction.
(Fuente: Elaboración propia).

PROCESOS	openLCA flows	Amount	Unit
Pintura hormigón	Carbon dioxide	3,64	kg
	electricity, medium voltage	24,7	MJ
Camión mantenimiento	Carbon dioxide	29,11	kg
	electricity, medium voltage	365,17	MJ
Mortero de reparación pavimento	Carbon dioxide	1,5	kg
	electricity, medium voltage	10,14	MJ
Reparación fisuras muro	Carbon dioxide	1112,02	kg
	electricity, medium voltage	7558,21	MJ

Tabla 12. Procesos de varios flujos en Use and Maintenance.
(Fuente: Elaboración propia).

PROCESOS	openLCA flows	Amount	Unit
Grúa autopropulsada	Carbon dioxide	87,34	kg
	electricity, medium voltage	1095,52	MJ
Transporte	Transport, freight, lorry 16-32 metric ton EURO6	-	-
Demolición	Carbon dioxide	13,14	kg
	electricity, medium voltage	126,08	Mj
Machacadora	Carbon dioxide	3,88	kg
	electricity, medium voltage	48,62	MJ

Tabla 13. Procesos de varios flujos en End of life.
(Fuente: Elaboración propia).

A continuación, se mostrarán los Inventarios de ciclo de vida de cada alternativa, considerando que la unidad funcional son los metros cuadrados (m²) de pasarela en planta, que en todas las alternativas es de un total de 234,27 m²:

5.1.2.2. ICV DE ALTERNATIVA 1

El ICV de la alternativa de la tipología Warren en arco se dividirá en las cuatro fases principales de todo el ciclo de vida de las pasarelas, que forman el proceso total (Alternativa 1) estas fases son:

- *Manufacturing* (Producción).
- *Construction* (Construcción).
- *Use and Maintenance* (Uso y mantenimiento).
- *End of life* (Demolición).



Los datos que se han necesitado para la obtención de la cantidad de cada proceso son los siguientes.

- Datos genéricos:

Peso específico	kg/m ³
Acero	7850
Hormigón	2500
Madera	430
Pintura acero	1800
Mortero	1600

Tabla 14. Datos generales. (Fuente: Elaboración propia)

- Datos de distancias desde zonas de fabricación o vertederos a la obra:

DISTANCIAS	km
Aceros	100
Hormigón	50
Vertedero	40
Madera	50

Tabla 15. Datos de distancia. (Fuente: Elaboración propia)

- Datos de medición, obtenidos a partir de los modelos de SAP200:

Datos del modelo Sap2000					
Section	TotalLength	TotalWeight	Área sección	Perímetro (P)	P*long.
Text	m	Kgf	m ²	m	m ²
Viga transversal T80	226,72	2418,4	0,001	0,187	42,397
Arco	77,27	4815,22	0,008	1,018	78,627
Viga apoyo	8,56	1302,24	0,019	1,600	13,701
Diagonales	200,37	5289,1	0,003	0,688	137,918
Viga longitudinal	73,01	11103,62	0,019	1,600	116,822
Vigas arriostramiento	130,35	1418,1	0,001	0,359	46,806
Hormigón		65425,62	218,930		436,271

Tabla 16. Datos de medición. (Fuente: Elaboración propia)

Pila intermedia	Unidad
376,8	m ³
15	kg

Tabla 17. Datos de medición. (Fuente: Elaboración propia)

- Datos de medición, obtenidos a partir de los planos de AutoCAD.
- Rendimientos en horas, obtenidos a partir de la base de datos BEDEC.
- Los metros cuadrados de puente en planta son de 234,27 m².



A continuación, se realiza el **Inventario del Ciclo de Vida** de la **Alternativa 1 (Warren en arco)**:

MANUFACTURING				
Procesos	Amount (total)	Amount (total/m2)	Unit	openLCA flows
Acero estructural S355 JR	26346,68	112,46	kg	-
Acero chapa grecada	3064,25	13,08	kg	-
Acero hormigón B500S	1122,3	4,79	kg	-
Hormigonera	15	0,0640	horas	-
Hormigón pavimento	28,11	0,120	m3	concrete production 25MPa, RNA only
Hormigón pila intermedia (HA-35)	15,0	0,064	m3	concrete production 35MPa, RNA only
Transporte acero S355 JR	-	11346,29	kg*km	Transport, freight, lorry 16-32 metric ton EURO6
Transporte chapa grecada	-	1408,00	kg*km	Transport, freight, lorry 3,5-7 metric ton EURO6
Transporte B500S	-	579,06	kg*km	Transport, freight, lorry 3,5-7 metric ton EURO6

Tabla 18. Inventario en la fase de Producción. (Fuente: Elaboración propia)

CONSTRUCTION				
Procesos	Amount (total)	Amount (total/m2)	Unit	openLCA flows
Grúa autopropulsada	16	0,0683	horas	-
Encofrado	105,912	0,4521	m2	-
Camión con bomba	6,338	0,0271	horas	-
Soldaduras	370	1,5794	horas	-
Pintura acero	130,88	0,559	l	-
Pintura hormigón	149,93	0,640	kg	-

Tabla 19. Inventario en la fase de Construcción.
(Fuente: Elaboración propia)



USE AND MAINTENANCE				
Procesos	Amount (total)	Amount (total/m2)	Unit	OpenLCA flows
Pintura acero	130,88	0,559	l	-
Pintura hormigón	149,933	0,640	kg	-
Camión mantenimiento	80	0,341	horas	-
Soldadura reparación	30	0,128	horas	-
Mortero reparación	11251,2	48,027	kg	-

Tabla 20. Inventario en la fase de Uso y Mantenimiento.
(Fuente: Elaboración propia)

END OF LIFE				
Procesos	Amount (total)	Amount (total/m2)	Unit	OpenLCA flows
Grúa autopropulsada	16	0,0683	horas	-
Derribo hormigón	43,11	0,1840	m3	-
Radial y Corte oxiacetilénico	60	0,2561	horas	-
Transporte residuos	-	15709,492	kg*km	-
Fixed carbon dioxide	467,69	1,996	kg	Carbon dioxide

Tabla 21. Inventario en la fase de Demolición.
(Fuente: Elaboración propia)

5.1.2.3. ICV DE ALTERNATIVA 2

El ICV de la alternativa de la tipología Warren se dividirá en las cuatro fases principales de todo el ciclo de vida de las pasarelas, que forman el proceso total (Alternativa 2) estas fases son:

- *Manufacturing* (Producción).
- *Construction* (Construcción).
- *Use and Maintenance* (Uso y mantenimiento).
- *End of life* (Demolición).

Los datos que se han necesitado para la obtención de la cantidad de cada proceso son los siguientes.

- Datos genéricos:

Peso específico	kg/m3
Acero	7850
Hormigón	2500
Madera	430
Pintura acero	1800
Mortero	1600

Tabla 22. Datos generales. (Fuente: Elaboración propia)

- Datos de distancias desde las zonas de fabricación o vertederos a la obra:

DISTANCIAS	km
Aceros	100
Hormigón	50
Vertedero	40
Madera	50

Tabla 23. Datos de distancia. (Fuente: Elaboración propia)



- Datos de medición, obtenidos a partir de los modelos de SAP2000:

Datos del modelo Sap2000					
Section	TotalLength	TotalWeight	Área sección	Perímetro (P)	P*long.
Text	m	Kgf	m2	m	m2
Viga transversal T80	226,72	2418,4	0,001	0,187	42,397
Arco	77,27	4815,22	0,008	1,018	78,627
Viga apoyo	8,56	1302,24	0,019	1,600	13,701
Diagonales	200,37	5289,1	0,003	0,688	137,918
Viga longitudinal	73,01	11103,62	0,019	1,600	116,822
Vigas arriostramiento	130,35	1418,1	0,001	0,359	46,806
Hormigón		65425,62	218,930		436,271

Tabla 24. Datos de medición. (Fuente: Elaboración propia)

- Datos de medición, obtenidos a partir de los planos de AutoCAD.
- Rendimientos en horas, obtenidos a partir de la base de datos BEDEC.
- Los metros cuadrados de puente en planta son de 234,27 m²

A continuación, se realiza el **Inventario del Ciclo de Vida** de la **Alternativa 2 (Warren)**:

MANUFACTURING				
Procesos	Amount (total)	Amount (total/m2)	Unit	OpenLCA flows
Acero estructural S355 JR	33548,52	143,20	kg	-
Chapa grecada	3064,25	13,08	kg	-
B500S	745,5	3,18	kg	-
Hormigonera	10	0,0427	horas	-
HA-25	28,112	0,12	m3	concrete production 25MPa, RNA only
Dist.S355JR	-	14420,45	kg*km	Transport, freight, lorry 16-32 metric ton EURO6
Dist.chapa grecada	-	1408,00	kg*km	Transport, freight, lorry 3,5-7 metric ton EURO6
Dist.B500S	-	418,22	kg*km	Transport, freight, lorry 3,5-7 metric ton EURO6

Tabla 25. Inventario en la fase de Producción. (Fuente: Elaboración propia)



CONSTRUCTION				
Procesos	Amount (total)	Amount (total/m2)	Unit	OpenLCA flows
Grúa autopropulsada	16	0,0683	horas	-
Encofrado	16	0,0683	m2	-
Camión con bomba	4,133	0,0176	horas	-
Soldadura	470	2,0062	horas	-
Pintura acero	134,72	0,575	l	-
Pintura hormigón	149,93	0,640	kg	-

Tabla 26. Inventario en la fase de Producción.
(Fuente: Elaboración propia)

USE AND MAINTENANCE				
Procesos	Amount (total)	Amount (total/m2)	Unit	OpenLCA flows
Pintura acero	134,72	0,575	l	-
Pintura hormigón	149,93	0,640	kg	-
Camión mantenimiento	80,00	0,341	horas	-
Soldadura reparación	35	0,149	horas	-
Mortero reparación	11251,2	48,027	kg	-

Tabla 27. Inventario en la fase de Uso y Mantenimiento.
(Fuente: Elaboración propia)

END OF LIFE				
Procesos	Amount (total)	Amount (total/m2)	Unit	OpenLCA flows
Grúa autopropulsada	16	0,0683	horas	-
Derribo hormigón	28,11	0,1200	m3	-
Radial y Corte oxiacetilénico	76	0,3244	duration	-
Transporte residuos	-	17993,2932	kg*km	Transport, freight, lorry >32 metric ton EURO6
Fixed carbon dioxide	327,8	1,399	kg	Carbon dioxide

Tabla 28. Inventario en la fase de Demolición.
(Fuente: Elaboración propia)



5.1.2.4. ICV DE ALTERNATIVA 3

El ICV de la alternativa de la tipología de Hormigón in-situ se dividirá en las cuatro fases principales de todo el ciclo de vida de las pasarelas, que forman el proceso total (Alternativa 3) estas fases son:

- *Manufacturing* (Producción).
- *Construction* (Construcción).
- *Use and Maintenance* (Uso y mantenimiento).
- *End of life* (Demolición).

Los datos que se han necesitado para la obtención de la cantidad de cada proceso son los siguientes.

- Datos genéricos:

Peso específico	kg/m3
Acero	7850
Hormigón	2500
Madera	430
Pintura acero	1800
Mortero	1600

Tabla 29. Datos generales. (Fuente: Elaboración propia)

- Datos de distancias desde las zonas de fabricación o vertederos a la obra:

DISTANCIAS	km
Aceros	100
Hormigón	50
Vertedero	40
Madera	50

Tabla 30. Datos de distancia. (Fuente: Elaboración propia)

- Datos de medición, obtenidos a partir de los modelos de SAP200:

Datos del modelo Sap2000		
Materiales	Cantidad	Unidad
Hormigón	95,000	m3
B500S	13825	kg
Acero pila intermedia	377	kg
Hormigón pila intermedia	12	m3

Tabla 31. Datos de medición. (Fuente: Elaboración propia)

- Datos de medición, obtenidos a partir de los planos de AutoCAD.
- Rendimientos en horas, obtenidos a partir de la base de datos BEDEC
- Los metros cuadrados de puente en planta son de 234,27 m2

A continuación, se realiza el **Inventario del Ciclo de Vida** de la **Alternativa 3 (Hormigón)**:



MANUFACTURING				
Procesos	Amount (total)	Amount (total/m2)	Unit	OpenLCA flows
Acero hormigón B500S	14202	60,62	kg	-
Hormigonera	35	0,149	horas	-
Hormigón HA-35	107,0	0,457	m3	concrete production 25MPa, RNA only
Transporte B500S	-	6162,24	kg*km	Transport, freight, lorry 3,5-7 metric ton EURO6

Tabla 32. Inventario en la fase de Producción.
(Fuente: Elaboración propia)

USE AND MAINTENANCE				
Procesos	Amount (total)	Amount (total/m2)	Unit	OpenLCA flows
Pintura hormigón	279,85	1,195	kg	-
Camión mantenimiento	80	0,341	horas	-
Mortero reparación	11251,2	48,027	kg	-
Reparación de fisuras	50	0,2134	m2	-

Tabla 34. Inventario en la fase de Uso y Mantenimiento.
(Fuente: Elaboración propia)

CONSTRUCTION				
Procesos	Amount (total)	Amount (total/m2)	Unit	OpenLCA flows
Grua autopropulsada	40	0,1707	horas	-
Encofrado	246,58	1,0525	m2	-
Camión con bomba	15,729	0,0671	horas	-
Cimbra	9	0,0384	items	-
Pintura hormigón	279,85	1,195	kg	-

Tabla 33. Inventario en la fase de Producción.
(Fuente: Elaboración propia)

END OF LIFE				
Procesos	Amount (total)	Amount (total/m2)	Unit	OpenLCA flows
Grua autopropulsada	16	0,0683	horas	-
Transporte residuos	-	40164,6425	kg*km	Transport, freight, lorry >32 metric ton EURO6
Demolición	107	0,456737952	m3	-
Machacadora	24	0,1024	horas	-
Fixed carbon dioxide	1241,41	5,299	kg	Carbon dioxide

Tabla 35. Inventario en la fase de Demolición.
(Fuente: Elaboración propia)



5.1.2.5. ICV DE ALTERNATIVA 4

v El ICV de la alternativa de la tipología arco atirantado (Bowstring) se dividirá en las cuatro fases principales de todo el ciclo de vida de las pasarelas, que forman el proceso total (Alternativa 4) estas fases son:

- *Manufacturing* (Producción).
- *Construction* (Construcción).
- *Use and Maintenance* (Uso y mantenimiento).
- *End of life* (Demolición).

Los datos que se han necesitado para la obtención de la cantidad de cada proceso son los siguientes.

- Datos genéricos:

Peso específico	kg/m ³
Acero	7850
Hormigón	2500
Madera	430
Pintura acero	1800
Mortero	1600

Tabla 36. Datos generales. (Fuente: Elaboración propia)

- Datos de distancias desde las zonas de fabricación o vertederos a la obra:

DISTANCIAS	km
Aceros	100
Hormigón	50
Vertedero	40
Madera	50

Tabla 37. Datos de distancia. (Fuente: Elaboración propia)

- Datos de medición, obtenidos a partir de los modelos de SAP200:

Datos del modelo Sap2000					
Section	TotalLength	TotalWeight	Área sección	Perimeter (P)	P*length
Text	m	Kgf	m ²	m	m ²
Viga transversal T80	204,47	2181,06	0,000856	0,187	38,24
Arco	80,82	6255,87	0,00986	1,018	82,28
Viga transversal IPEAA100	11,72	74,88	0,000856	0,42	4,92
Viga longitudinal	77,71	11818,32	0,019375	1,6	124,34
Viga de arriostramiento	113,34	1233,05	0,00138607	0,3591	40,70
CABLES	102,85	113,01	0,003574	0,109955743	11,31
Hormigón		69636,5	234,27		

Tabla 38. Datos de medición. (Fuente: Elaboración propia)

- Datos de medición, obtenidos a partir de los planos de AutoCAD.
- Rendimientos en horas, obtenidos a partir de la base de datos BEDEC.



- Los metros cuadrados de puente en planta son de 234,27 m²

A continuación, se realiza el **Inventario del Ciclo de Vida** de la **Alternativa 4 (Bowstring)**:

MANUFACTURING				
Procesos	Amount (total)	Amount (total/m ²)	Unit	OpenLCA flows
Acero estructural S355 JR	21573,18	92,09	kg	-
Acero chapa grecada	3064,27	13,08	kg	-
Acero hormigón B500S	745,50	3,18	kg	-
Péndolas (Y-1860)	113,01	0,48	kg	-
Anclajes	130	0,55	kg	-
Hormigonera	10	0,0427	duration	-
HA-25	28,113	0,12	m ³	concrete production 25MPa, RNA only
Transporte acero S355 JR	-	9308,64	kg*km	Transport, freight, lorry 16-32 metric ton EURO6
Transporte chapa grecada	-	1408,00	kg*km	Transport, freight, lorry 3,5-7 metric ton EURO6
Transporte B500S	-	418,22	kg*km	Transport, freight, lorry 3,5-7 metric ton EURO6
Transporte acero péndolas	-	148,24	kg*km	Transport, freight, lorry 3,5-7 metric ton EURO6
Transporte acero anclajes	-	155,49	kg*km	Transport, freight, lorry 3,5-7 metric ton EURO6

Tabla 39. Inventario en la fase de Producción. (Fuente: Elaboración propia)

CONSTRUCTION				
Procesos	Amount (total)	Amount (total/m ²)	Unit	OpenLCA flows
Grua autopropulsada	16	0,0683	duration	-
Encofrado	16	0,0683	m ²	-
Camión con bomba	4,130	0,0176	h	-
Soldaduras	302,02	1,2892	duration	-
				-
Pintura acero	90,54	0,386	l	-
Pintura hormigón	149,93	0,640	kg	-

Tabla 40. Inventario en la fase de Producción. (Fuente: Elaboración propia)



USE AND MAINTENANCE				
Procesos	Amount (total)	Amount (total/m2)	Unit	OpenLCA flows
Pintura acero	90,54	0,386	l	-
Pintura hormigón	149,93	0,640	kg	-
Camión mantenimiento	90	0,384	duration	-
Soldadura reparación	25	0,107	duration	-
Mortero reparación	11251,2	48,026	kg	-

Tabla 41. Inventario en la fase de Uso y Mantenimiento.
(Fuente: Elaboración propia)

END OF LIFE				
Procesos	Amount (total)	Amount (total/m2)	Unit	OpenLCA flows
Grua autopropulsada	16	0,0683	duration	-
Derribo hormigón	28,11	0,1200	m3	-
Radial y Corte oxiacetilénico	48	0,2049	duration	-
Transporte residuos	-	15630,9453	kg*km	Transport, freight, lorry >32 metric ton EURO6
Fixed carbon dioxide	327,78	1,399	kg	Carbon dioxide

Tabla 42. Inventario en la fase de Demolición.
(Fuente: Elaboración propia)

5.1.3. EVALUACIÓN DEL IMPACTO DE CICLO DE VIDA (EICV)

El objetivo de la Evaluación del Inventario del Ciclo de Vida (EICV) es cuantificar y examinar los datos del Inventario del Ciclo de Vida (ICV). Como ya se ha explicado anteriormente gracias a la metodología se transforman todos los datos del inventario sobre recursos y emisiones consumidos por el producto durante su ciclo de vida en impactos o indicadores ambientales más fáciles de interpretar y de entender.

La metodología de Evaluación de Impactos seleccionada es ReCiPe (Goedkoop et al., 2009), que permite una aproximación de impactos no agregados que aportan mucha información muy detallada y fiable y una aproximación de impactos agregados que son fáciles de entender.

En el caso de este estudio solo se realizará el enfoque de impactos agregados, ya que con estos se obtienen suficiente información para poder comparar las distintas alternativas, sin la necesidad de hacer un análisis más detallado.

En cuanto a la perspectiva de valoración de impactos se ha escogido una versión jerárquica H, ya que consigue que los impactos pueden prevenirse con una buena gestión y tratamiento de los indicadores. Esta perspectiva está normalizada dentro de la metodología *ReCiPe* con el conjunto *Europe ReCiPe H/H* [persona/año], además también transforma los resultados en unidades características a puntos de impacto (*poins*), con lo que se consigue un enfoque del impacto global más entendible e interpretable.



Para conseguir convertir las unidades características en puntos de impacto (*poins*) se deben de aplicar los siguientes factores de normalización y ponderación, cosa que aplica directamente el *software*:

Categoría de impacto	Factor de normalización	Factor de ponderación
Ecosystems	0.002478242	500
Human Health	0.024204309	300
Resources	24.500.904	200

Tabla 43. Factores de normalización y ponderación
(Fuente: Goedkoop et al., 2009)

5.1.4. INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

La interpretación de resultados es la última fase del ACV-A, y se puede enforzar de distintas maneras según el objetivo y alcance del estudio. En nuestro caso se van a comparar diferentes tipologías según los impactos que generen. Otros enfoques de interpretación podrían ser tratar de analizar qué etapas son las que provocan mayores impactos o cuales son los flujos o procesos que son más significativos. Estos se realizarán para obtener más información.

El objetivo de esta interpretación es obtener y analizar los impactos ambientales de las 4 tipologías estructurales bajo estudio para poder comparar cuál de las 4 tipologías es mejor ambientalmente, estos datos también se utilizarán en la toma de decisiones. Con las aproximaciones de impactos agregadas será suficiente para poder cumplir este objetivo, ya que con ella se obtiene una representación del impacto global.

Con el objetivo de facilitar la lectura de datos solo se han facilitado una tabla con la aproximación de los impactos agregados en puntos de impacto y unos gráficos con valores significativos. Para la fiabilidad de los datos se debería realizar un análisis probabilístico mediante una simulación de Monte Carlo, pero por el objetivo y las limitaciones del estudio no es necesario ya que las incertidumbres son muy parecidas en todas las alternativas y la mayoría de los datos están actualizados.

En las conclusiones, se realiza una interpretación global de los resultados obtenidos.

5.1.4.1. APROXIMACIÓN DE IMPACTOS AGREGADOS

La aproximación de impactos agregados permite obtener un impacto global valorado en puntos y no en unidades de medidas además de poder obtener unos resultados de impactos más generales y entendibles, que permite hacer una estimación generalizada de cuál es la estructura más limpia ambientalmente.

Esta aproximación se basa en tres categorías que pueden ser determinantes para seleccionar una tipología de pasarela. Estas categorías son:

- **Ecosistema:** daño que pueden causar al medio ambiente en el sitio de construcción si está próxima a un ecosistema establecido.
- **Salud humana:** daño que pueden causar a la salud humana si se trabaja en entornos urbanos.
- **Recursos:** daño que pueden causar a los recursos de la zona si estos son escasos.

Esta aproximación es más útil en la toma de decisiones ya que con ella se obtiene visualmente cual es el impacto producido globalmente. Además, con los criterios de normalización y ponderación (véase Tabla 43), se puede



obtener un impacto global en puntos de impacto y no en las unidades de medida de las tres dimensiones planteadas. Cosa que es muy útil cuando no hay preferencia sobre que categoría de daño es más importante.

Los resultados se van a interpretar siguiendo 2 perspectivas la primera de ellas la de las alternativas y la segunda desde el punto de vista de los impactos. Cabe recordar que cuanto menor sea el impacto ambiental producido por una alternativa mejor es dicha alternativa y que estos impactos corresponde a 1 m² de pasarela, ya que es la unidad funcional.

A continuación, se muestran las tablas y gráficas que ayudan a interpretar los resultados desde la perspectiva de las alternativas:

En la siguiente tabla se muestra los impactos agregados obtenido a partir de introducir en el software *OpenLCA* todas las entradas y salidas dispuestas en los Inventarios del Ciclo de Vida de las distintas alternativas

	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	Alternativa 4
Salud Humana (points)	16,60	19,69	15,44	14,18
Ecosistema (points)	19,14	11,71	34,00	9,01
Recursos (points)	27,46	32,77	19,88	23,17
Total por alternativa	63,20	64,17	69,32	46,36

Tabla 44. Impactos ambientales agregados. (Fuente: Propia)

Con el objetivo de poder interpretar de una manera más sencilla la tabla anterior se dispone de los siguientes diagramas:

- En el diagrama 1 se puede observar el impacto ambiental total de cada alternativa al final de su ciclo de vida.
- En el diagrama 2 se puede observar los diferentes impactos ambientales de cada alternativa al final de su ciclo de vida.

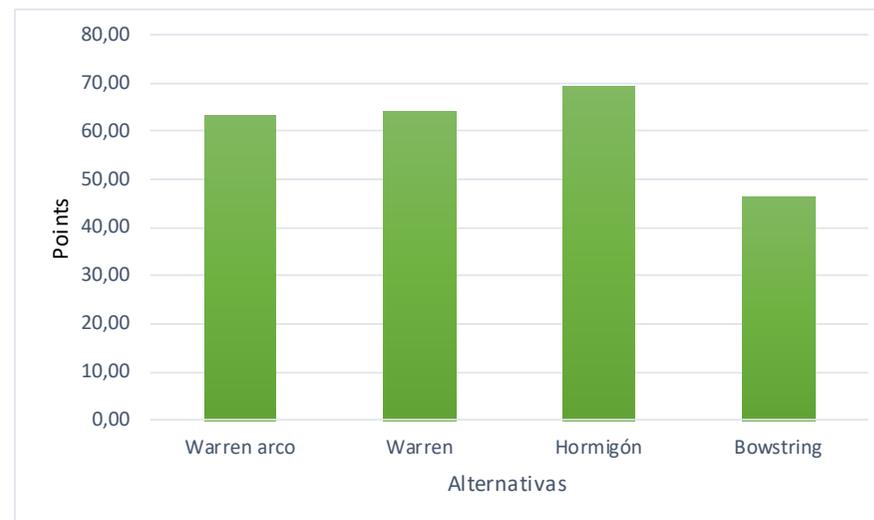


Diagrama 1. Impacto ambiental total por alternativa. (Elaboración Propia)

Como se puede observar en el diagrama 1 la alternativa 4, que corresponde con el *Bowstring* es la alternativa con menos impacto ambiental de todas, mientras que la Alternativa 3 (Hormigón in-situ) es la que más impacto provoca al medioambiente, aunque las soluciones de tipo Warren también tienen un impacto ambiental muy cercano al de la solución de hormigón. Respecto a estos datos se podría decir que la alternativa más adecuada sin ninguna duda es la Alternativa 4 (*Bowstring*).

Con este resultado ya se tiene la suficiente información como para cumplir el objetivo del estudio, pero a fin de entender los resultados y de obtener más información de utilidad se dispone de las siguientes interpretaciones:

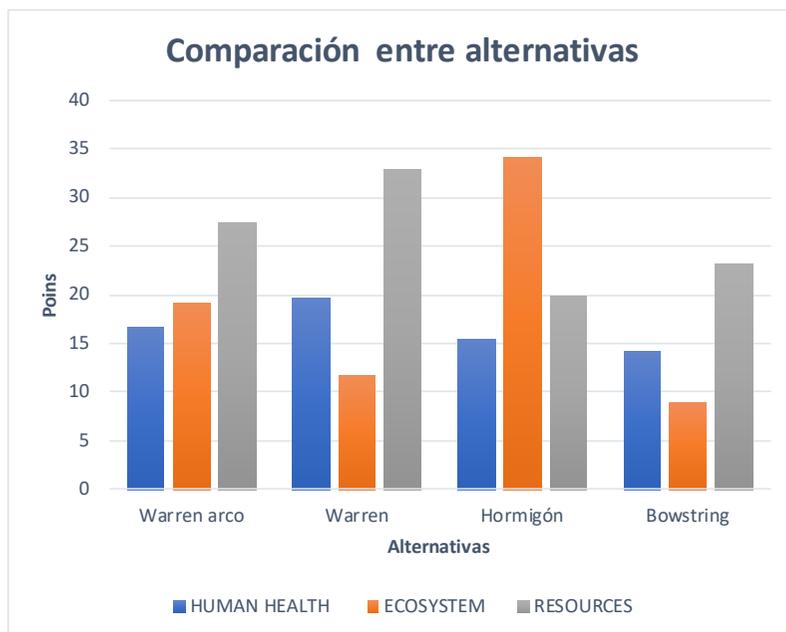


Diagrama 2. Impacto ambiental por alternativa. (Elaboración Propia)

En este diagrama se puede observar que en las alternativas de acero estructural el mayor impacto se produce en los Recursos, ya que el acero cuesta más de producir que el hormigón. Mientras que en la solución de hormigón el mayor impacto se produce en el ecosistema. Esto es debido a que la alternativa de hormigón necesita más encofrado, el cual provoca un mayor impacto a los Ecosistemas ya que el encofrado es de madera. En cuanto al impacto en la salud humana se puede observar que tiene un valor intermedio, aunque un poco mayor en las alternativas de tipo Warren.

A continuación, se muestran las tablas y gráficas que ayudan a interpretar los resultados desde la perspectiva de los impactos:

En la siguiente tabla se muestra los impactos agregados obtenido a partir de introducir en el software OpenLCA todas las entradas y salidas dispuestas en los Inventarios del Ciclo de Vida de las distintas alternativas

	Salud Humana (points)	Ecosistema (points)	Recursos (points)
Alternativa 1	16,60	19,14	27,46
Alternativa 2	19,69	11,71	32,77
Alternativa 3	15,44	34,00	19,88
Alternativa 4	14,18	9,01	23,17
Total por impacto	65,90	73,86	103,29

Tabla 45. Impactos ambientales agregados. (Fuente: Propia)

Con el objetivo de poder interpretar de una manera más sencilla la tabla anterior se dispone del siguiente diagrama:

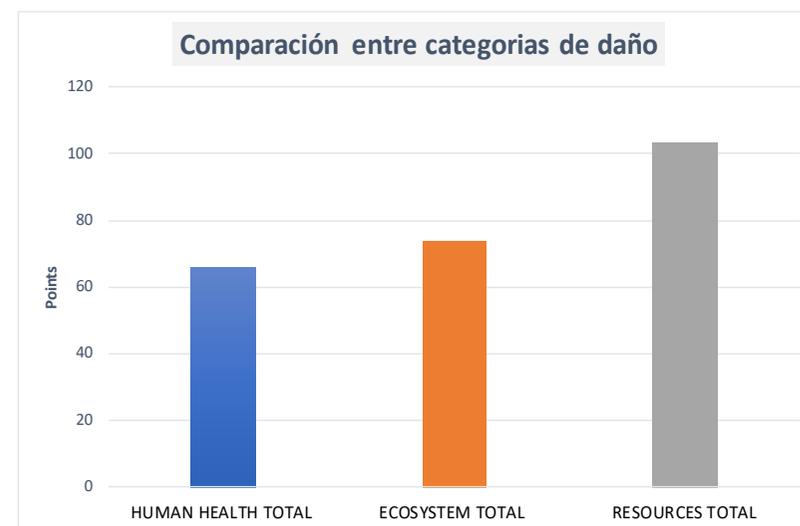


Diagrama 3. Impacto total por categoría de daño. (Elaboración Propia)



Los Recursos es la mayor categoría porque hay 3 alternativas de acero. Y Ecosistema tiene un valor intermedio a causa de la solución de hormigón y de la pila intermedia. La Salud humana es la más baja porque depende de mucho de la cantidad de acero y de la generación de electricidad.

5.2. ANÁLISIS DE CICLO DE VIDA SOCIAL (ACV-S)

5.2.1. DEFINICIÓN DEL OBJETIVO Y ALCANCE

La finalidad principal del ACV-S de este estudio es analizar y comparar los impactos sociales causados por los 4 tipos de pasarelas con el fin de poder utilizar los resultados del análisis en la toma de decisiones. Como es de esperar para poder realizar una comparativa se deben de dar una serie de requisitos como que las dimensiones de la pasarela sean similares, que el periodo de vida útil sea el mismo y que soporten una capacidad de carga similar.

Las tipologías estructurales bajo análisis de este estudio son:

- **Alternativa 1:** Pasarela tipo Warren en arco
- **Alternativa 2:** Pasarela tipo Warren
- **Alternativa 3:** Pasarela en hormigón in-situ
- **Alternativa 4:** Pasarela tipo arco atirantado (*Bowstring*)

Lo más común es que la unidad de definición de estas estructuras sea el metro cuadrado m^2 , aunque en algunos estudios también se ha empleado el metro lineal. Se explicará en mayor medida en el apartado 5.2.1.1.

Para establecer los límites del sistema, que son necesarios para definir las entradas y salidas las cuales deben cuantificarse, se recomienda que el ACV cubra toda la vida útil de las estructuras (de la cuna a la cuna), aunque al

utilizar los resultados del análisis simplemente para la toma de decisiones y no para que sirva de guía para análisis futuros, el análisis solo englobará las actividades de la “puerta a la tumba”. Se explicará en mayor medida en el apartado 5.2.1.1.

El software que se ha utilizado para llevar a cabo el estudio es el mismo que se ha utilizado en el ACV-A el **OpenLCA versión 1.10.2.**, ya que como se ha dicho anteriormente permite utilizar distintas metodologías y bases de datos.

La base de datos escogida ha sido **Ecoinvent-Soca** y la metodología ha sido **Social Impacts Weighting method**. Se explicará en mayor medida en los apartados 5.2.1.2. y 5.2.1.3. respectivamente.

Para los requisitos de calidad de los datos, se debe de tener en cuenta que a los datos se les aplica incertidumbres debido a que los datos están basados en procesos que difieren atendiendo a su localización geográfica, la tecnología empleada, fiabilidad e integridad de los datos y la correlación temporal con los análisis reales. Se explicará en mayor medida en el apartado 5.2.1.4.

En los siguientes apartados, se definen todos los puntos que necesitan información concreta para realizar el análisis:

5.2.1.1. UNIDAD FUNCIONAL Y LÍMITES DEL SISTEMA

En relación a la unidad funcional, se utilizará la misma que en el ACV-A el metro cuadrado (m^2).

Para que la obtención de resultados sea compatible con el ACV-A, se escogen las mismas etapas del ciclo de vida (véase apartado 5.1.1.2) que tienen en cuenta la producción y transporte de los materiales, la



construcción, el uso y mantenimiento y la demolición y transporte de residuos.

5.2.1.2. METODOLOGÍA

La metodología escogida ha sido *Social Impacts Weighting method* que nos aporta números impactos sociales los cuales tienen como positivo que dan información fiable muy detallada, pero todo ello conlleva a que se tenga que clasificar esa información, por lo que solo una parte de la información sirva para realizar el ACV-S.

5.2.1.3. BASES DE DATOS

En este caso es muy complicado realizar una revisión bibliográfica de los Análisis del Ciclo de Vida Social referidos al sector de la construcción, ya que es un estudio muy novedoso del que no se dispone de mucha información. Por lo que se concluye que la mejor base de datos que puede utilizarse es *Ecoinvent-Soca*, ya que esta base de datos te permite trabajar con *OpenLCA* y dispone de suficientes indicadores para el objetivo del estudio.

5.2.1.4. INCERTIDUMBRE

Las condiciones de incertidumbre en los datos hay que dejar claro que se dividen en dos incertidumbres distintas, que son las mismas que en ACV-A. (véase en el apartado 5.1.1.5)

5.2.2. INVENTARIO DEL CICLO DE VIDA (ICV)

El Inventario del Ciclo de Vida también es una parte muy importante del ACV-S, ya que se recopilan y cuantifican las entradas y salidas del sistema durante las 4 fases del ciclo de vida. Se han identificada los recursos de entrada los consumos de energía, las emisiones producidas, la materia

prima, y los residuos y vertidos generados para las distintas tipologías en estudio.

Como el Inventario del Ciclo de Vida del ACV-S es exactamente igual que el del ACS-A, ya que se utiliza el mismo software y la base de datos es de Ecoinvent también. Se concluye que para no disponer de información duplica el ICV-Social se puede observar en el Apartado 5.1.2 INVENTARIO DEL CICLO DE VIDA (ICV).

5.2.3. EVALUACIÓN DEL IMPACTO DE CICLO DE VIDA (EICV)

El objetivo de la Evaluación del Inventario del Ciclo de Vida (EICV) es cuantificar y examinar los datos del Inventario del Ciclo de Vida (ICV). Como ya se ha explicado anteriormente gracias a la metodología se transforman todos los datos del inventario sobre recursos y emisiones consumidos por el producto durante su ciclo de vida en impactos sociales más fáciles de interpretar y de entender.

A diferencia de la metodología de impacto del ACV-A que aportaba una aproximación de impactos agregados y no agregados, la metodología de Evaluación de Impactos seleccionada para el ACV-S es *Social Impacts Weighting method*, que permite una aproximación de impactos que aportan mucha información muy detallada y fiable.

Esta metodología aporta un total de 37 impactos (subcategorías) sociales cuantificados todos ellos en horas de riesgo medio de todos estos se descartan 3 porque son impactos que no se producen en la zona de estudio estos son los derechos de los indígenas y la diferenciación de trabajo infantil. Con todos los impactos se procede a realizar una agrupación de ellos en diferentes categorías, para ello se tiene que aplicar la *Table 3*, esta tabla agrupo las subcategorías seleccionadas del estudio en 5 categorías como se puede ver en la siguiente tabla (véase Tabla 46).



STAKEHOLDER O CATEGORIA	SUBCATEGORIAS
WORKERS	Child Labour, female
	Child Labour, male
	Child Labour, total
	Fair Salary
	Fatal accidents
	Frequency of forced labour
	Gender wage gap
	Goods produced by forced labour
	Non-fatal accidents
	Safety measures
	Violations of employment laws and regulations
	Weekly hours of work per employee
	Workers affected by natural disasters
SOCIETY	Association and bargaining rights
	Education
	Health expenditure
	Illiteracy
	Social security expenditures
	Trade unionism
	Trafficking in persons
	Unemployment
	Youth illiteracy
	LOCAL COMMUNITY
DALYs due to indoor and outdoor air and water pollution	
Fossil fuel consumption	
Indigenous rights	
Industrial water depletion	
International migrant stock	
International migrant workers (in the sector/ site)	
Minerals consumption	
Net migration	
Sanitation coverage	
CONSUMERS	Certified environmental management system
	Drinking water coverage
	Pollution
VALUE CHAIN ACTORS	Anti-competitive behaviour and monopoly legislation
	Corruption

Tabla 46. Agrupación de criterios sociales. (Fuente: Elaboración Propia)

5.2.4. INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS

La interpretación de resultados es la última fase del ACV-S, se puede enforzar de distintas maneras según el objetivo y alcance del estudio. En nuestro caso se van a comparar diferentes tipologías según los impactos sociales que generen. Otros enfoques de interpretación podrían ser tratar de analizar qué etapas son las que provocan mayores impactos o cuales son los flujos o procesos que son más significativos estos también se realizarán para obtener más información.

El objetivo de esta interpretación es obtener y analizar los impactos sociales de las 4 tipologías estructurales bajo estudio para poder comparar cuál de las 4 tipologías es mejor socialmente, estos datos también se utilizarán en la toma de decisiones. Con las aproximaciones de impactos en los *stakeholders* será suficiente para poder cumplir este objetivo, ya que con ella se obtiene una consideración del impacto global.

Con el objetivo de facilitar la lectura de datos solo se han facilitado tablas con la aproximación de los impactos sociales en horas medias de riesgo, unos gráficos para visualizar los valores más importantes. Para la fiabilidad de los datos se debería realizar un análisis probabilístico mediante una simulación de Monte Carlo, pero por el objetivo y las limitaciones del estudio no es necesario ya que las incertidumbres son muy parecidas en todas las alternativas y la mayoría de los datos están actualizados.

Además, en las conclusiones, se realiza una interpretación global de los resultados obtenidos.



5.2.4.1. APROXIMACIÓN IMPACTOS SOCIALES

Para obtener unos resultados de impactos más generales y entendibles, que permitan hacer una estimación generalizada de cuál es la mejor estructura sean agrupado los impactos obtenidos por el *software OpenLCA* en 5 categorías que pueden ser determinantes para seleccionar una tipología de pasarela. Estas categorías están formadas según lo que establece (UNEP/SETAP, 2009) y son:

- Actores de la cadena de mando
- Consumidores
- Sociedad
- Trabajadores
- Comunidad Local

Esta agrupación permite obtener un impacto global valorado en horas medio de riesgo más fácil de interpretar. Además, es más útil en la toma de decisiones ya que con ella se obtiene visualmente cual es el impacto producido globalmente.

Los resultados se van a interpretar siguiendo 2 perspectivas la primera de ellas la de las alternativas que es la que nos interesa y la segunda desde el punto de vista de los impactos. Cabe recordar que cuanto menor sea el impacto social producido por una alternativa mejor es dicha alternativa y que estos impactos corresponde a 1 m² de pasarela, ya que es la unidad funcional.

A continuación, se muestran las tablas y gráficas que ayudan a interpretar los resultados desde la perspectiva de las alternativas:

En la siguiente tabla se muestra los impactos sociales totales obtenidos a partir de introducir en el *software OpenLCA* todas las entradas y salidas dispuestas en los Inventarios del Ciclo de Vida de las distintas alternativas

	Warren arco	Warren	Hormigón	Bowstring	Unidad
Trabajadores	1830,1	2254,8	2019,6	1524,5	Horas de riesgo medio
Actores de la cadena de mando	2618,6	3169,3	3066,4	2169,2	Horas de riesgo medio
Sociedad	5046,7	6221,1	4995,4	4228,8	Horas de riesgo medio
Comunidad Local	3035,2	3698,2	3339,5	2525,8	Horas de riesgo medio
Bowstring	565,3	675,8	594,0	463,6	Horas de riesgo medio
Total por alternativa	13096,0	16019,2	14014,9	10911,9	Horas de riesgo medio

Tabla 47. Impactos sociales totales. (Fuente: Elaboración propia)

Con el objetivo de poder interpretar de una manera más sencilla la tabla anterior se dispone de los siguientes diagramas:

- En el diagrama 4 se puede observar el impacto social total de cada alternativa al final de su ciclo de vida.
- En el diagrama 5 se puede observar las diferentes categorías sociales de cada alternativa al final de su ciclo de vida.

En el *Diagrama 4* se puede observar como los resultados obtenidos en el ACV-S y ACV-A son algo parecidos, ya que la alternativa 4, que corresponde con el *Bowstring* también es la alternativa con menos impacto social de todas, pero en este caso la Alternativa 2 (Warren) es la que más impacto provoca a la sociedad, aunque la Alternativa 3 (Hormigón) también tiene



un impacto cercano. Por otro lado, la Alternativa 1 (Warren en arco) tiene un impacto intermedio entre la mejor y la peor.

Respecto a estos datos se podría decir que la alternativa más adecuada sin ninguna duda es la Alternativa 4 (Bowstring).

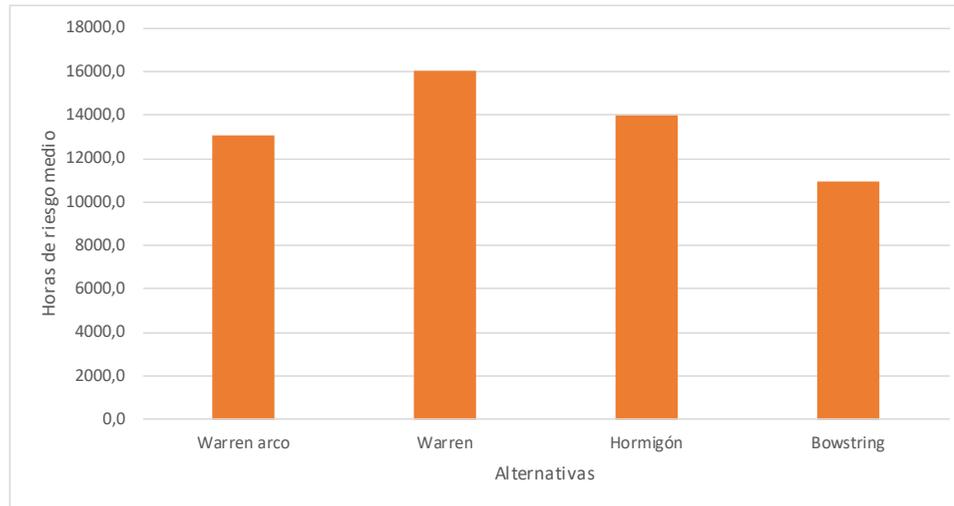


Diagrama 4. Impacto social total por alternativa. (Elaboración Propia)

Con este resultado ya se tiene la suficiente información como para cumplir el objetivo del estudio, pero a fin de entender los resultados y de obtener más información de utilidad se dispone de las siguientes interpretaciones:

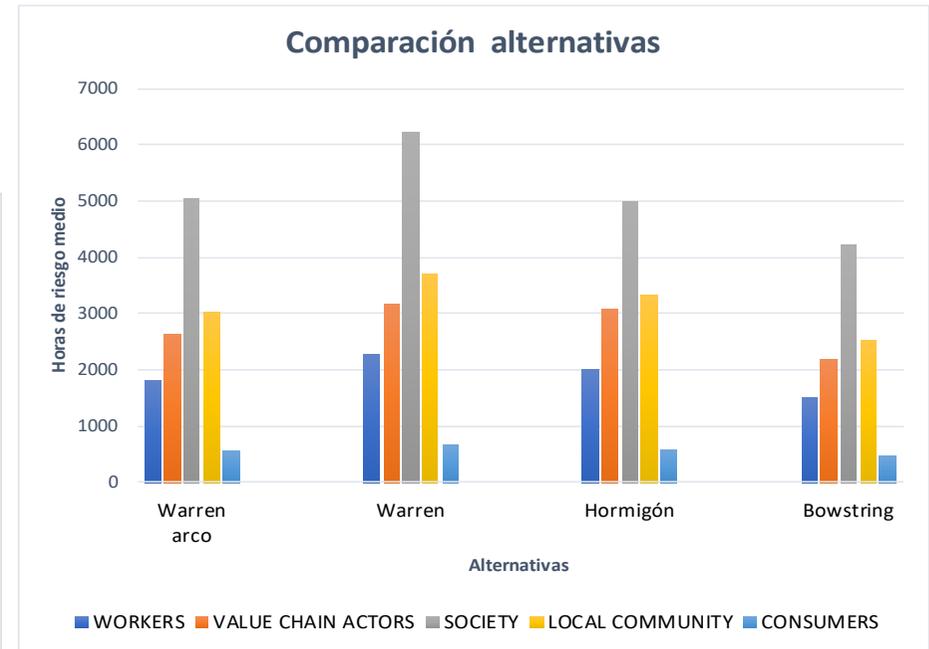


Diagrama 5. Impacto social por alternativa. (Elaboración Propia)

En este diagrama se puede observar que en todas las alternativas el mayor impacto que se produce es el que influye a la categoría de Sociedad ya que en todas las alternativas el valor que tiene la subcategoría de analfabetismo es muy elevado. Por otro lado, las categorías de Comunidad Local, Actores de la cadena de mando y Trabajadores tienen valores intermedios pero decrecientes respectivamente. La categoría de Comunidad Local tienen un valor elevado por los temas relacionados con inmigración, la categoría de Actores de la cadena de mando tienen ese valor por la corrupción y la categoría de trabajadores tienen ese valor menor por la mayor preocupación por la seguridad y salud de los trabajadores.



En cuanto a la categoría de Consumidores se puede observar que tiene un valor muy inferior a las demás categorías a causa del respeto con el entorno de todas las alternativas.

A continuación, se muestran las tablas y gráficas que ayudan a interpretar los resultados desde la perspectiva de los impactos:

En la siguiente tabla se muestra los impactos sociales obtenidos a partir de introducir en el software *OpenLCA* todas las entradas y salidas dispuestas en los Inventarios del Ciclo de Vida de las distintas alternativas

	Trabajadores	Actores de la cadena de mando	Sociedad	Comunidad Local	Bowstring
Warren arco	1830,1	2618,6	5046,7	3035,2	565,3
Warren arco	2254,8	3169,3	6221,1	3698,2	675,8
Hormigón	2019,6	3066,4	4995,4	3339,5	594,0
Bowstring	1524,5	2169,2	4228,8	2525,8	463,6
Total por categoría	7629,0	11023,6	20492,0	12598,8	2298,6

Tabla 48. Impactos sociales (Fuente: Elaboración propia)

Con el objetivo de poder interpretar de una manera más sencilla la tabla anterior se dispone del siguiente diagrama:

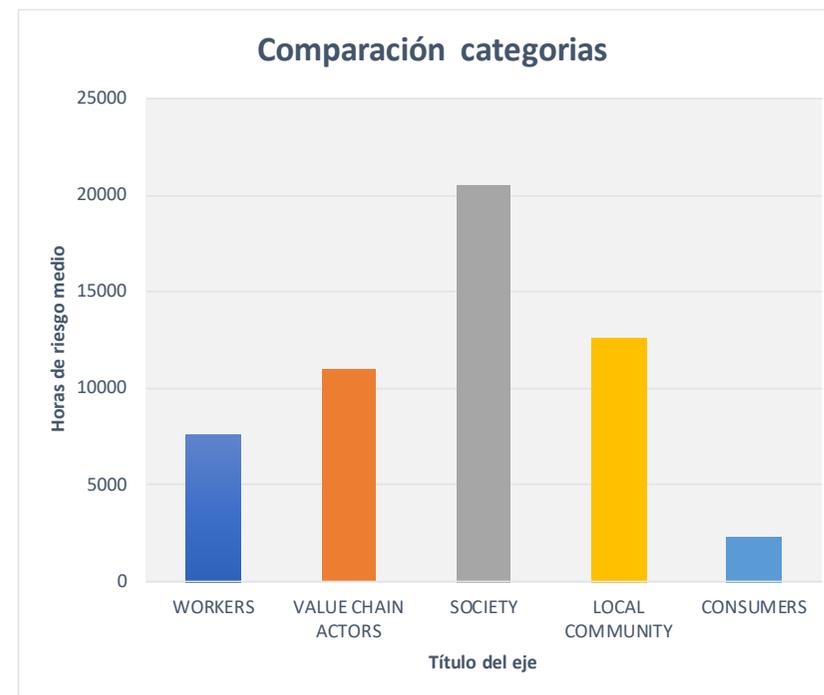


Diagrama 6. Impacto total por categoría de daño. (Elaboración Propia)

La justificación de estos valores se ha realizado anteriormente.



5.3. ANLISIS DE COSTE DE CICLO DE VIDA (CCV)

5.3.1. DEFINICIÓN DEL OBJETIVO Y ALCANCE

La finalidad principal del CCV de este estudio es analizar y comparar los costes causados por las diferentes tipologías de pasarelas, con el objetivo de aportar otro enfoque que pueda sumarse a los enfoques ya estudiados ambientales y sociales, y también aportar más información que ayude en la toma de decisiones. Como es de esperar para poder realizar una comparativa se deben de dar una serie de requisitos como que las dimensiones de la pasarela sean similares, que el periodo de vida útil sea el mismo y que soporten una capacidad de carga similar.

Las tipologías estructurales bajo análisis de este estudio son:

- **Alternativa 1:** Pasarela tipo Warren en arco
- **Alternativa 2:** Pasarela tipo Warren
- **Alternativa 3:** Pasarela en hormigón *in-situ*
- **Alternativa 4:** Pasarela tipo arco atirantado (*Bowstring*)

Lo más común es que la unidad funcional para estas estructuras sea el m², aunque en algunos estudios también se ha empleado el metro lineal. Se explicará en mayor medida en el apartado 5.3.1.1.

Para establecer los límites del sistema, que son necesarios para definir las entradas y salidas las cuales deben cuantificarse, se recomienda que el ACV cubra toda la vida útil de las estructuras (de la cuna a la cuna), aunque al utilizar los resultados del análisis simplemente para la toma de decisiones y no para que sirva de guía para análisis futuros, el análisis solo englobará las actividades de la “puerta a la tumba”. Se explicará en mayor medida en el apartado 5.3.1.1.

La base de datos escogida ha sido **BEDEC** y la metodología ha sido **CCV-B** (Coste del Ciclo de Vida más Bajo). Se explicará en mayor medida en apartado 5.3.1.2.

Se pueden utilizar varios *softwares* para la realización del CCV-B, pero con hojas de cálculo tipo **Excel** ya se podría realizar dada la facilidad de uso de los datos, por lo que se empleara este software.

En relación a la calidad de los datos, se debe tener en cuenta que a los precios posteriormente se les suele aplicar una gran baja, por lo que pueden tener incertidumbres ya que son precios generalmente establecidos para proyecto.

En los siguientes apartados, se definen todos los puntos que necesitan información concreta para realizar el análisis:

5.3.1.1. UNIDAD FUNCIONAL Y LIMITES DEL SISTEMA

En relación a la unidad funcional, se utilizará la misma que en el ACV-A y el ACV-S, el metro cuadrado (m²).

Para que la obtención de datos sea compatible con el ACV-A y el ACV-S y para reducir la información de costes, se escogen las mismas etapas del ciclo de vida (véase apartado 5.1.1.2) que tienen en cuenta la producción y transporte de los materiales, la construcción, el uso y mantenimiento y la demolición y transporte de residuos.



5.3.1.2. METODOLOGÍA Y BASES DE DATOS

Existen varias metodologías para la evaluación de costes como se ha indicado en el apartado 4.3.3, pero dada la simplicidad establecida por los límites del sistema y la actualización de los precios se empleará el CCV+B.

Una vez realizada la revisión bibliográfica de los Costes del Ciclo de Vida referidos al sector de la construcción, centrándose especialmente sobre todo en los estudios referidos a estructuras tipo puente, se concluye que con la base de datos de *Ecoinvent* 3.3. también dispone de precios, pero estos son promedios globales, es decir, independientes del país y de la tecnología específica, lo que puede afectar en gran medida al cálculo. Por lo que la mejor base de datos que puede utilizarse es la base de datos de BEDEC, ya que dispone de mucha información actualizada y de intereses sobre el sector de la construcción.

5.3.2. INVENTARIO DEL COSTE DE CICLO DE VIDA

En este apartado se han recopilado los precios unitarios de todas las entradas y salidas del sistema a lo largo del ciclo de vida, dentro de las etapas del sistema en estudio. Se han identificado costes de materias primas, costes de transporte y costes de maquinaria.

En los siguientes apartados, se muestra el Inventario de cada tipología, donde todos los precios unitarios están dados en euros (€).

Además, las cantidades de los procesos son las mismas que en el ICV-A y ICV-S solo que se debe de tener en cuenta que en todas las alternativas el tiempo de ida y vuelta de un camión desde la obra hasta las distintas zonas de fabricación o vertedero son los siguientes (véase Tabla 49):

HORAS	h
Aceros	2,2
Hormigón	1,1
Vertedero	0,9
Madera	1,1

Tabla 49. Horas de ida y vuelta. (Fuente: Elaboración propia)

5.3.2.1. INVENTARIO ALTERNATIVA 1

A continuación, se muestra el ICV de la Alternativa 1 tipo Warren en arco dividido en las cuatro fases principales de todo el ciclo de vida de las pasarelas. Cabe destacar que en los únicos procesos donde se ha tenido en cuenta la mano de obra son en el encofrado, camión con bomba, soldadura, soldadura de reparación y derribo hormigón.



MANUFACTURING				
Materiales y transporte	Amount (total)	Amount (total/m2)	Unit	Precio unitarios
Acero estructural S355 JR	26346,68	112,46	kg	1,35
Acero chapa grecada	3064,25	13,08	kg	0,7
Acero hormigón B500S	1122,3	4,79	kg	0,68
Hormigonera	15	0,0640	horas	49,31
Hormigón pavimento	28,11	0,120	m3	71,62
Hormigón pila intermedia (HA-35)	15,0	0,064	m3	93,83
Transporte acero S355 JR	21,19	0,09	horas	53,99
Transporte chapa grecada	4,43	0,02	horas	35,84
Transporte B500S	3,03	0,01	horas	35,84

Tabla 50. Inventario en la fase de Producción.
(Fuente: Elaboración propia)

CONSTRUCTION				
Procesos	Amount (total)	Amount (total/m2)	Unit	Precio unitarios
Grúa autopropulsada	16	0,0683	horas	74,70
Encofrado	105,912	0,4521	m2	34,55
Camión con bomba	43,112	0,1840	m3	32,57
Soldaduras	370	1,5794	horas	49,95
Pintura acero	130,88	0,559	l	8,08
Pintura hormigón	149,93	0,640	kg	6,85

Tabla 51. Inventario en la fase de Construcción.
(Fuente: Elaboración propia)



USE AND MAINTENANCE				
Procesos	Amount (total)	Amount (total/m2)	Unit	Precio unitários
Pintura acero	130,88	0,559	l	8,08
Pintura hormigón	149,933	0,640	kg	6,85
Camión mantenimiento	80	0,341	horas	33,52
Soldadura reparación	30	0,128	horas	49,95
Mortero reparación	11251,2	48,027	kg	2,01

Tabla 52. Inventario en la fase de Uso y Mantenimiento.
(Fuente: Elaboración propia)

END OF LIFE				
Procesos	Amount (total)	Amount (total/m2)	Unit	Precio unitários
Grúa autopropulsada	16	0,0683	horas	74,70
Derribo hormigón	43,11	0,1840	m3	43,96
Radial y Corte oxiacetilénico	60	0,2561	horas	10,82
Transporte residuos	69,63	0,30	horas	53,99

Tabla 53. Inventario en la fase de Demolición.
(Fuente: Elaboración propia)

5.3.2.2. INVENTARIO ALTERNATIVA 2

A continuación, se muestra el ICV de la Alternativa 2 tipo Warren dividido en las cuatro fases principales de todo el ciclo de vida de las pasarelas. Cabe destacar que en los únicos procesos donde se ha tenido en cuenta la mano de obra son en el encofrado, camión con bomba, soldadura, soldadura de reparación y derribo hormigón.

MANUFACTURING				
Procesos	Amount (total)	Amount (total/m2)	Unit	Precio unitários
Acero estructural S355 JR	33548,52	143,20	kg	1,35
Chapa grecada	3064,25	13,08	kg	0,7
B500S	745,5	3,18	kg	0,68
Hormigonera	10	0,0427	horas	49,31
HA-25	28,112	0,12	m3	71,61
Dist.S355JR	28,6	0,12	horas	53,99
Dist.chapa grecada	4,43	0,02	horas	35,84
Dist.B500S	2,759	0,01	horas	35,84

Tabla 54. Inventario en la fase de Producción. (Fuente: propia)



CONSTRUCTION				
Procesos	Amount (total)	Amount (total/m2)	Unit	Precio unitários
Grúa autopropulsada	16	0,0683	horas	74,70
Encofrado	16	0,0683	m2	34,55
Camión con bomba	28,112	0,1200	m3	32,57
Soldadura	470	2,0062	horas	49,31
Pintura acero	134,72	0,575	l	8,08
Pintura hormigón	149,93	0,640	kg	6,85

Tabla 55. Inventario en la fase de Construcción.
(Fuente: Elaboración propia)

USE AND MAINTENANCE				
Procesos	Amount (total)	Amount (total/m2)	Unit	Precio unitários
Pintura acero	134,72	0,575	l	8,08
Pintura hormigón	149,93	0,640	kg	6,85
Camión mantenimiento	80,00	0,341	horas	33,52
Soldadura reparación	35	0,149	horas	49,31
Mortero reparación	11251,2	48,027	kg	2,01

Tabla 56. Inventario en la fase de Uso y Mantenimiento.
(Fuente: Elaboración propia)

END OF LIFE				
Procesos	Amount (total)	Amount (total/m2)	Unit	Precio unitários
Grúa autopropulsada	16	0,0683	horas	74,70
Derribo hormigón	28,11	0,1200	m3	43,96
Radial y Corte oxiacetilénico	76	0,3244	duration	10,82
Transporte residuos	80,15	0,3421	horas	53,99

Tabla 57. Inventario en la fase de Demolición. (Fuente: Propia)

5.3.2.3. INVENTARIO ALTERNATIVA 3

A continuación, se muestra el ICV de la Alternativa 3 tipo Hormigón dividido en las cuatro fases principales de todo el ciclo de vida de las pasarelas. Cabe destacar que en los únicos procesos donde se ha tenido en cuenta la mano de obra son en el encofrado, camión con bomba, reparación de fisuras y derribo hormigón.

MANUFACTURING				
Procesos	Amount (total)	Amount (total/m2)	Unit	Precio unitários
Acero hormigón B500S	14202	60,62	kg	0,68
Hormigonera	35	0,149	horas	49,31
Hormigón HA-35	107,0	0,457	m3	93,83
Transporte B500S	12,45	0,05	horas	35,84

Tabla 58. Inventario en la fase de Producción.
(Fuente: Elaboración propia)

CONSTRUCTION				
Procesos	Amount (total)	Amount (total/m2)	Unit	Precio unitários
Grúa autopropulsada	40	0,1707	horas	74,70
Encofrado	246,58	1,0525	m2	34,55
Camión con bomba	107,0	0,4567	m3	32,57
Cimbra	9	0,0384	items	363,97
Pintura hormigón	279,85	1,195	kg	6,85

Tabla 59. Inventario en la fase de Construcción.
(Fuente: Elaboración propia)

USE AND MAINTENANCE				
Procesos	Amount (total)	Amount (total/m2)	Unit	Precio unitários
Pintura hormigón	279,85	1,195	kg	6,85
Camión mantenimiento	80	0,341	horas	33,52
Mortero reparación	11251,2	48,027	kg	2,01
Reparación de fisuras	50	0,2134	m2	203,14

Tabla 60. Inventario en la fase de Uso y Mantenimiento.
(Fuente: Elaboración propia)



END OF LIFE				
Procesos	Amount (total)	Amount (total/m2)	Unit	Precio unitários
Grua autopropulsada	16	0,0683	horas	74,70
Transporte residuos	213,49	0,9113	horas	58,58
Demolición	107	0,456737952	m3	43,96
Machacadora	24	0,1024	horas	53,99

Tabla 61. Inventario en la fase de Demolición.
(Fuente: Elaboración propia)

5.3.2.4. INVENTARIO ALTERNATIVA 4

A continuación, se muestra el ICV de la Alternativa 4 tipo *Bowstring* dividido en las cuatro fases principales de todo el ciclo de vida de las pasarelas. Cabe destacar que en los únicos procesos donde se ha tenido en cuenta la mano de obra son en el encofrado, camión con bomba, soldadura, soldadura de reparación y derribo hormigón.

MANUFACTURING				
Procesos	Amount (total)	Amount (total/m2)	Unit	Precio unitários
Acero estructural S355 JR	21573,18	92,09	kg	1,35
Acero chapa grecada	3064,27	13,08	kg	0,7
Acero hormigón B500S	745,50	3,18	kg	0,68
Péndolas (Y-1860)	113,01	0,48	kg	1,05
Anclajes	130	0,55	kg	1,35
Hormigonera	10	0,0427	horas	49,31
HA-25	28,113	0,12	m3	71,62
Transporte acero S355 JR	17,75		horas	53,99
Transporte chapa grecada	4,43		horas	35,84
Transporte B500S	2,76		horas	35,84
Transporte acero péndolas	2,30		horas	35,84
Transporte acero anclajes	2,32		horas	35,84

Tabla 62. Inventario en la fase de Producción.
(Fuente: Elaboración propia)



CONSTRUCTION				
Procesos	Amount (total)	Amount (total/m2)	Unit	Precio unitários
Grua autopropulsada	16	0,0683	horas	74,70
Encofrado	16	0,0683	m2	34,55
Camión con bomba	4,130	0,0176	m3	32,57
Soldaduras	302,02	1,2892	horas	49,95
Pintura acero	90,54	0,386	l	8,08
Pintura hormigón	149,93	0,640	kg	6,85

Tabla 63. Inventario en la fase de Construcción.
(Fuente: Elaboración propia)

USE AND MAINTENANCE				
Procesos	Amount (total)	Amount (total/m2)	Unit	Precio unitários
Pintura acero	90,54	0,386	l	8,08
Pintura hormigón	149,93	0,640	kg	6,85
Camión mantenimiento	90	0,384	horas	33,52
Soldadura reparación	25	0,107	horas	49,95
Mortero reparación	11251,2	48,026	kg	2,01

Tabla 64. Inventario en la fase de Uso y Mantenimiento.
(Fuente: Elaboración propia)

END OF LIFE				
Procesos	Amount (total)	Amount (total/m2)	Unit	Precio unitários
Grua autopropulsada	16	0,0683	horas	74,70
Derribo hormigón	28,11	0,1200	m3	43,96
Radial y Corte oxiacetilénico	48	0,2049	horas	10,82
Transporte residuos	69,301	0,2958	horas	53,99

Tabla 65. Inventario en la fase de Demolición.
(Fuente: Elaboración propia)



5.3.3. EVALUACIÓN DEL COSTE DE CICLO DE VIDA

En este estudio el cálculo del CCV se define directamente como el producto de la medición de las entradas y salidas obtenido a partir del ICV-A por el precio unitario de cada uno de los diferentes costes, cuantificados anteriormente en el inventario sin necesidad de aplicar medidas de actualización de precios. Esto es así porque la base de precios del BEDEC está actualizada, por la simplicidad de los costes que influyen en la evaluación del CCV y por la limitaciones del estudio.

5.3.4. INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS

El objetivo de esta interpretación es parecido al de los ACV-A y ACV-S, obtener y analizar los costes de las 4 tipologías estructurales bajo estudio para poder comparar cual de las 4 tipologías es más económica, estos datos se utilizarán en la toma de decisiones. Otros enfoques de interpretación podrían ser tratar de analizar qué etapas son las que tienen un mayor coste o cuales son los flujos o procesos que son más significativos. Estos se realizarán para obtener más información.

Con el objetivo de facilitar la lectura de datos se han facilitado tablas y gráficos con los costes por metro cuadrado de cada una de las alternativas.

En las conclusiones se hará un análisis generalizado de la interpretación y permitirá establecer comparaciones con los resultados del ACV-A y del ACV-S.

5.3.4.1 ANÁLISIS DE COSTES

El análisis de costes permite obtener una aproximación global del coste del ciclo de vida de la estructura, con lo que se puede hacer una estimación generalizada de cuál es la estructura más viable económicamente hablando.

Los resultados se van a interpretar siguiendo 2 perspectivas la primera de ellas la de las alternativas y la segundo desde el punto de vista de las fases del ciclo de vida. Cabe recordar que estos costes corresponden a 1 metro cuadrado (m²) de pasarela, ya que es la unidad funcional.

A continuación, se muestran las tablas y gráficas que ayudan a interpretar los resultados desde la perspectiva de las alternativas:

En la siguiente tabla se muestra los valores del CCV por metro cuadrado obtenido a partir de introducir en diversas hojas de cálculos del software Excel todos los precios dispuestos en los Inventarios del Ciclo de Vida de las distintas alternativas

	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	Alternativa 4
C.Procucción y Transporte (€)	188,4	223,0	93,4	153,8
C.constucción (€)	115,0	119,7	86,6	83,6
C.Mantenimiento (€)	123,3	124,4	159,5	122,2
C.Demolición y Transporte (€)	33,4	33,9	84,0	28,4
Total (€)	460,1	500,9	423,6	388,1

Tabla 66. Costes por metro cuadrado. (Fuente: Elaboración propia)

Con el objetivo de poder interpretar de una manera más sencilla la tabla anterior se dispone de los siguientes diagramas:

- En el diagrama 7 se puede observar el coste total por metro cuadrado de cada alternativa al final de su ciclo de vida.
- En el diagrama 8 se puede observar los costes de cada alternativa en las diferentes fases del ciclo de vida.

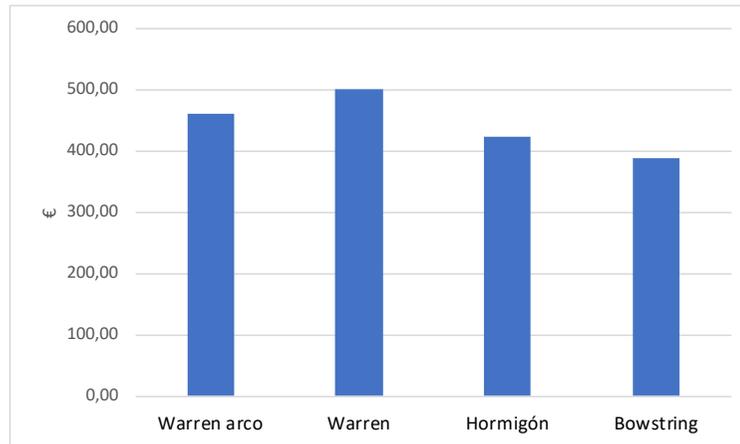


Diagrama 7. Coste total por alternativa. (Elaboración Propia)

En el diagrama 7 se puede ver que la alternativa 4, que corresponde con el *Bowstring* es la alternativa con menos coste por metro cuadrado de todas, mientras que en este caso la Alternativa 2 (Warren) es la que más costes tiene, aunque la Alternativa 1 (Warren en arco) también tienen un coste cercano. Por otro lado, la Alternativa 3 (Hormigón) tiene un coste próximo a la alternativa 4.

Respecto a estos datos se podría decir que la alternativa más adecuada es la alternativa del *Bowstring*, ya que es la alternativa más barata.

Con este resultado ya se tiene la suficiente información como para cumplir el objetivo del estudio, pero a fin de entender los resultados y de obtener más información de utilidad se dispone de las siguientes interpretaciones:

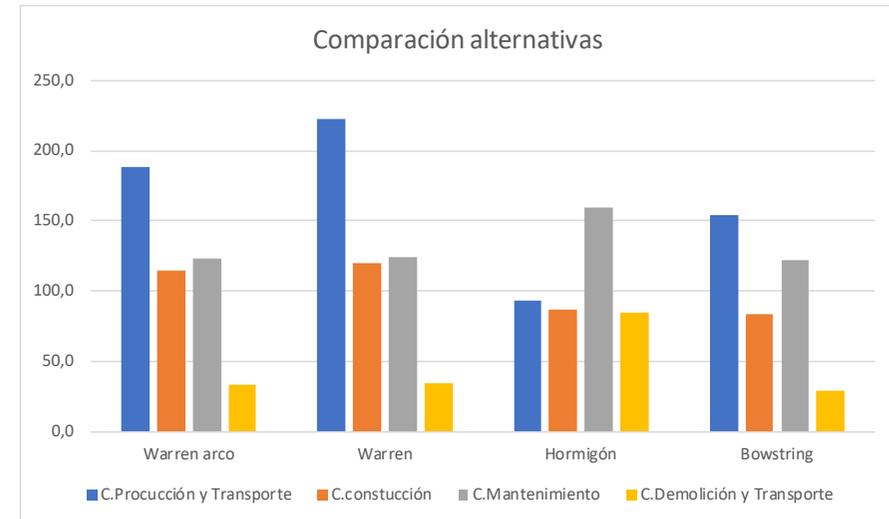


Diagrama 8. Coste por alternativa en cada fase. (Elaboración Propia)

En este diagrama se puede observar que en las alternativas de acero estructural el mayor coste se produce en lo fase de Producción, ya que el acero cuesta más de producir que el hormigón. Mientras que en la solución de hormigón el mayor impacto se produce en la fase de mantenimiento. Esto es debido a que en la alternativa de hormigón a lo largo del ciclo de vida necesita reparaciones de fisuras las cuales son muy costosas. En cuanto al coste de demolición se puede observar que tiene un valor bajo excepto en la de hormigón, esto es debido a que la demolición depende mucho del peso de la estructura a mayor peso más cara es. Por otro lado,



los costes de construcción en el caso de las soluciones de acero estructural dependen mucho de la cantidad de soldaduras que se hagan, por eso en las soluciones de tipo Warren tienen un coste mayor.

En la siguiente tabla se puede observar los valores del CCV por metro cuadrado de cada tipología en las diferentes fases del ciclo de vida. Donde se puede observar la importancia de tener en cuenta tanto el mantenimiento como la demolición.

	C.Producción y Transporte	C.constucción	C.Mantenimiento	C.Demolición y Transporte
Alternativa 1 (€)	188,4	115,0	123,3	33,4
Alternativa 2 (€)	223,0	119,7	124,4	33,9
Alternativa 3 (€)	93,4	86,6	159,5	84,0
Alternativa 4 (€)	153,8	83,6	122,2	28,4
Total (€)	658,6	404,9	529,4	179,8

Tabla 67. Costes por metro cuadrado. (Fuente: Elaboración propia)

Con el objetivo de poder interpretar de una manera más sencilla la tabla anterior se dispone del siguiente diagrama:

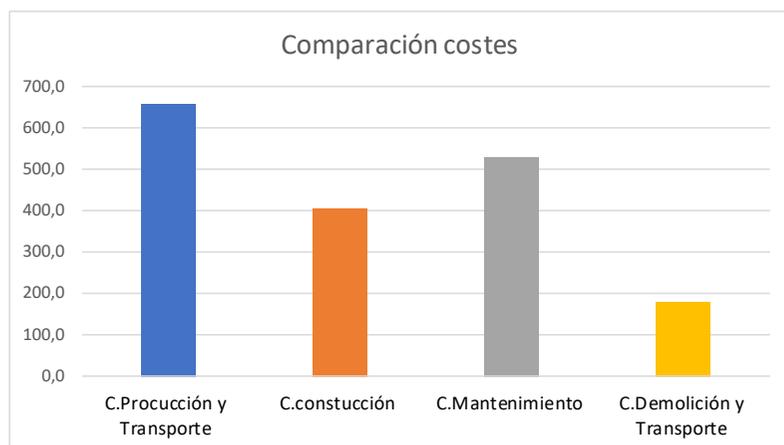


Diagrama 9. Coste total por fase de ciclo de vida. (Elaboración Propia)

6. CONCLUSIONES Y RESULTADOS

Los ACV con un enfoque de la dimensión social y económica necesitan de métodos e indicadores más fiables y robustos, mientras el ACV-A es una metodología muy bien establecida hoy en día. Sin embargo al realizar este estudio se han obtenido conclusiones, no solo ambientales, sino también sociales y económicas sobre las pasarelas de las tipologías de estudio.

Los resultados del ACV-A muestran que las pasarelas generan un mayor impacto ambiental dependiendo de la cantidad de material empleado y del tipo de material empleado, ya que la peor alternativa es la de hormigón *in-situ* seguido de las alternativas de tipo Warren que tienen una cantidad mayor de acero estructural que la alternativa del *Bowstring*. Por lo que desde la perspectiva ambiental se puede concluir que, en prácticamente todas las categorías de impacto, la tipología estructural más limpia es el *Bowstring*.

Los resultados del ACV-S se puede observar que las pasarelas generan un mayor impacto social no dependen tanto del tipo de material como era el caso del ACV-A, si no de la cantidad, ya que en este caso la peor alternativa es la tipología tipo Warren que es de acero estructural.

Los resultados del CCV muestran que al tener en cuenta todo el ciclo de vida de las estructuras, la solución más barata no es la de hormigón que en un principio es lo esperado. Ya que el mantenimiento y la demolición de la alternativa de hormigón es más costoso que el de las demás alternativas de acero estructural.

Por último, haciendo un análisis en conjunto de todos los resultados en un principio la mejor alternativa sería la Alternativa 4 (*Bowstring*) y la peor la alternativa 2 (Warren). Pero para poder elegir de una manera correcta y teniendo en cuenta todos los criterios con su respectiva importancia se realiza el **ANEJO N°3. TOMA DE DECISIONES**.



7. REFERENCIAS

AENOR (2006a). ISO 14040:2006. *Gestión ambiental. Análisis del ciclo de vida. Principios y marco de referencia*. Accedido el 12 de mayo de 2020.

AENOR (2006b). ISO 14044:2006. *Gestión ambiental. Análisis del ciclo de vida. Requisitos y directrices*. Accedido el 12 de mayo de 2020.

AENOR. (2000). ISO 14024:1999. *Etiquetado ecológico Tipo I. Principios y procedimientos*. Accedido el 3 de junio de 2020.

AENOR. (2010). ISO 14025:2006. *Declaraciones ambientales tipo III. Principios y procedimientos*. Accedido el 3 de junio de 2020.

AENOR. (2016). ISO 14021:2016. *Afirmaciones ambientales autodeclaradas. (Etiquetado ambiental tipo II)*. Accedido el 3 de junio de 2020.

Baldo, G. L., Cesarej, G., Ministrini, S., & Sordi, L. (2013). *The EU Ecolabel scheme and its application to construction and building materials. Eco-Efficient Construction and Building Materials: Life Cycle Assessment (LCA), Eco-Labeling and Case Studies*. <https://doi.org/10.1533/9780857097729.1.98> Accedido el 13 de mayo de 2020.

Baumann, H. & Tillman, A-M. (2004). *The Hitch Hiker's Guide to LCA, An orientation in life cycle assessment methodology and application. Studentlitteratur, Sweden* Accedido el 17 de mayo de 2020.

BS 8544. (2013). *Guide for life cycle costing of maintenance during the in use phases of buildings*. Accedido el 18 de mayo de 2020.

Ciroth, A., & Srocka, M. (2008). *How to obtain a precise and representative estimate for parameters in LCA-A case study for the functional unit. The International Journal of Life Cycle Assessment*, 13(3), 265–277. <https://doi.org/10.1065/lca2007.06.345> Accedido el 20 de mayo de 2020.

Ciroth, A., Muller, S., Weidema, B., & Lesage, P. (2016). *Empirically based uncertainty factors for the pedigree matrix in ecoinvent. International Journal of Life Cycle Assessment*, 21(9), 1338–1348. <https://doi.org/10.1007/s11367-013-0670-5> Accedido el 18 de mayo de 2020.

Du, G., & Karoumi, R. (2014). *Life cycle assessment framework for railway bridges: Literature survey and critical issues. Structure and Infrastructure Engineering*, 10(3), 277–294. <https://doi.org/10.1080/15732479.2012.749289> Accedido el 13 de mayo de 2020.

Eusko Jaurlaritza, G. V. (2009). *Análisis de ciclo de vida, huella de carbono, huella hídrica y huella social. Ihobe*. Accedido el 4 de junio de 2020.

Flower, D. J. M., & Sanjayan, J. G. (2007). *Green house gas emissions due to concrete manufacture. The International Journal of Life Cycle Assessment*, 12(5), 282–288. <https://doi.org/10.1065/lca2007.05.327> Accedido el 4 de junio de 2020.

Frischknecht, R., Editors, N. J., Althaus, H., Bauer, C., Doka, G., Dones, R., ... Margni, M. (2007). *Implementation of Life Cycle Impact Assessment Methods. American Midland Naturalist*, 150(3), 1–151. Retrieved from http://www.ecoinvent.org/fileadmin/documents/en/O3_LCIA-Implementation.pdf Accedido el 12 de mayo de 2020.



Frischknecht, R., Jungbluth, N., Althaus, H. J., Doka, G., Dones, R., Heck, T., ... Spielmann, M. (2005). *The ecoinvent database: Overview and methodological framework*. *International Journal of Life Cycle Assessment*, 10(1), 3–9. <https://doi.org/10.1065/lca2004.10.181.1> Accedido el 19 de mayo de 2020.

Gerilla, G. P., Teknomo, K., & Hokao, K. (2007). *An environmental assessment of wood and steel reinforced concrete housing construction*. *Building and Environment*, 42(7), 2778–2784. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2006.07.021> Accedido el 12 de mayo de 2020.

Goedkoop, M., Heijungs, R., Huijbregts, M., Schryver, A. De, Struijs, J., & Zelm, R. Van. (2009). *ReCiPe 2008: A life cycle impact assessment method which comprises harmonised category indicators at the midpoint and endpoint level*. *Potentials*. <https://doi.org/10.029/2003JD004283> Accedido el 26 de mayo de 2020.

Guinée, J. B., Gorrée, M., Heijungs, R., Huppes, G., Kleijn, R., Koning, A. de, ... Duin, R. van. (2016). *Handbook on life cycle assessment. Operational guide to the ISO standards*. (J. Guinée, Ed.). Dordrecht. Accedido el 12 de mayo de 2020.

Hauschild, M. Z., Huijbregts, M., Jolliet, O., Macleod, M., Margni, M., Van De Meent, D., ... McKone, T. E. (2008). *Building a model based on scientific consensus for life cycle impact assessment of chemicals: The search for harmony and parsimony*. *Environmental Science and Technology*, 42(19), 7032–7037. <https://doi.org/10.1021/es703145t> Accedido el 16 de mayo de 2020.

Haya, E. (2016). *EOI Escuela de Organización Industrial. Análisis de ciclo de vida*.

<https://www.eoi.es/es/file/66611/download?token=BTXaL249> .Accedido el 12 de mayo de 2020.

Hildebrandt, S. (2016). *Bæredygtig global udvikling, FN's verdensmål i et dansk perspektiv*, Jurist- og. (Økonomiforbundets forlag, Ed.). Accedido el 4 de junio de 2020. <https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85060405867&origin=resultslist&sort=plf-t&src=s&st1=Environmental+life+cycle+costing&nlo=&nlr=&nls=&sid=53bc26a1cbc3c71b9467860b3c4bab27&sot=b&sdt=sisr&sl=47&s=TITLE-ABS-KEY%28Environmental+life+cycle+costing%29&ref=%28hunkeler%29&relpos=19&citeCnt=215&searchTerm=> Accedido el 4 de junio de 2020.

Hunkeler, D., Lichtenvort, K., Rebitzer, G. (2008). *Environmental life cycle costing* *Environmental Life Cycle Costing*, pp. i-iv. Cited 215 times <https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85060405867&origin=resultslist&sort=plf-t&src=s&st1=Environmental+life+cycle+costing&nlo=&nlr=&nls=&sid=53bc26a1cbc3c71b9467860b3c4bab27&sot=b&sdt=sisr&sl=47&s=TITLE-ABS-KEY%28Environmental+life+cycle+costing%29&ref=%28hunkeler%29&relpos=19&citeCnt=215&searchTerm=> Accedido el 14 de mayo de 2020.

IAP-11. (2012). *Ministerio de Fomento. Instrucción sobre las acciones a considerar en el proyecto de puentes de carretera* https://www.mitma.gob.es/recursos_mfom/0820303.pdf Accedido el 19 de mayo de 2020.

Instituto Tecnológico de la Construcción (ITeC). (2020). *Banco de precios BEDEC* <https://metabase.itec.cat/vid/e/es/bedec> Accedido el 28 de mayo de 2020.

ISO 15686-5. (2017) *Buildings and constructed assets – Service life planning – Life cycle costing*. Accedido el 18 de mayo de 2020.



Jørgensen, A. (2013). *Social LCA - A way ahead?* *International Journal of Life Cycle Assessment*, 18 (2), 296-299. <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-84878515219&doi=10.1007%2fs11367-012-0517-5&partnerID=40&md5> Accedido el 19 de mayo de 2020.

Jorgesen. (2013). *SOCIAL LCA-a way ahead?* Accedido el 15 de mayo de 2020.

JRC European commission. (2011). *ILCD Handbook: Recommendations for Life Cycle Impact Assessment in the European context*. Vasa. <https://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/handle/JRC61049> Accedido el 14 de mayo de 2020.

Levitt, T. (1965). *Harvard Business Review*. *Explotando el ciclo de vida de un producto*. <https://hbr.org/1965/11/exploit-the-product-life-cycle>. Accedido el 13 de mayo de 2020.

Martí, J.V., Rodenas, A., & Yepes, V. (2017). *Comparativa ambiental y económica de pantallas de contención de tierras para edificación mediante el Análisis del Ciclo de Vida*. https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/106483/01_Memoria.pdf?sequence=1&isAllowed=y Accedido 30 abril de 2020.

Naciones Unidas. (2015a). *Pilares del desarrollo sostenible*. Retrieved from <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/objetivos-de-desarrollo-sostenible/> Accedido el 14 de mayo de 2020.

Naciones Unidas. (2015b). *Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) por la ONU*. Retrieved from

<https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/objetivos-de-desarrollo-sostenible/>. Accedido el 14 de mayo de 2020.

Navarro, I., Yepes, V., & Martí, J. (2018b). *Social life cycle assessment of concrete bridge decks exposed to aggressive environments*. *Environmental Impact Assessment Review*, 72(May), 50–63. <https://doi.org/10.1016/j.eiar.2018.05.003> Accedido el 17 de mayo de 2020.

Olivera, A., Cristobal, S., & Saizar, C. (2016). *Análisis de ciclo de vida ambiental, económico y social*. *INNOTEC*, 7, 20–27. https://ojs.latu.org.uy/index.php/INNOTEC-Gestion/article/download/364/pdf_1/. Accedido el 12 de mayo de 2020.

Owens, J. W. (1996). *LCA Methodology LCA Impact Assessment Categories Technical Feasibility and Accuracy*. *International Journal of Life Cycle Assessment*, 1(3), 151–158. Accedido el 12 de mayo de 2020.

Pons, J.J., Penadés-Plà, V., Yepes, V., & Martí, J.V. (2018). *Life cycle assessment of earth-retaining walls: An environmental comparison* *Journal of Cleaner Production*, 192, 411-420. <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85048148366&doi=10.1016%2fj.jclepro.2018.04.268&partnerID=40&md5> Accedido el 19 de mayo de 2020.

Rieznik, N., & Hernández, A. (2015). *Análisis del ciclo de vida*. <http://habitat.aq.upm.es/temas/a-analisis-ciclo-vida.html>. Accedido el 12 de mayo de 2020.

Ródenas, A. (2017). *Comparativa ambiental y económica de pantallas de contención de tierras para edificación mediante el Análisis del Ciclo de Vida*. <https://riunet.upv.es/handle/10251/106483> Accedido el 11 de mayo de 2020.



Rosenbaum, R. K., Bachmann, T. M., Gold, L. S., Huijbregts, M. A. J., Jolliet, O., Juraske, R., ... Hauschild, M. Z. (2008). USEtox - The UNEP-SETAC toxicity model: Recommended characterisation factors for human toxicity and freshwater ecotoxicity in life cycle impact assessment. *International Journal of Life Cycle Assessment*, 13(7), 532–546. <https://doi.org/10.1007/s11367-008-0038-4> Accedido el 14 de mayo de 2020.

Russell, A., Ekvall, T., & Baumann, H. (2005). Life cycle assessment -Introduction and overview. *Journal of Cleaner Production*, 13(13–14), 1207–1210. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2005.05.008> Accedido el 12 de mayo de 2020.

Trusty, W., & Deru, M. (2005). The U.S. LCI database project and its role in Life Cycle Assessment. *Building Design and Constructio*, 1, 26–29. Accedido el 12 de mayo de 2020.

UNE-EN 60300-3-3. (2009). *Gestión de la confiabilidad-Guía de aplicación-Cálculo del coste del ciclo de vida* <https://qualitasbiblo.files.wordpress.com/2013/01/une-en-60300-3-3-2009-calculo-del-coste-del-ciclo-de-vida.pdf> Accedido el 17 de mayo de 2020.

UNEP/SETAC. (2009). *Guidelines for social life assessment of products*. http://www.unep.fr/shared/publications/pdf/DTIx1164xPA-guidelines_sLCA.pdf Accedido el 16 de mayo de 2020.

UNEP/SETAC. (2013). *The Methodological Sheets for Subcategories in Social Life Cycle Assessment (S-LCA)*. Accedido el 16 de mayo de 2020.

van der Giesen, C., Kleijn, R., Kramer, G. J., & Guinée, J. (2013). *Towards application of life cycle sustainability analysis*. *Revue de*

Métallurgie, 110(1), 29–36. <https://doi.org/10.1051/metal/2013058> Accedido el 12 de mayo de 2020.

Weidema, B., Wenzel, H., Petersen, C. & Hansen, K. (2004). *The product, functional unit and reference flows in LCA*. Miljøstyrelsen, København, *Environmental News 70* Accedido el 17 de mayo de 2020.

Yepes, V. (2018). *El Blog de Víctor Yepes. Análisis del ciclo de vida*. <https://victoryepes.blogs.upv.es/tag/analisis-del-ciclo-de-vida/> Accedido el 12 de mayo de 2020.

Yepes, V. (2018). *El Blog de Víctor Yepes. Directrices para el desarrollo sostenible en la construcción*. <https://victoryepes.blogs.upv.es/2018/11/22/directrices-para-el-desarrollo-sostenible-en-la-construccion> Accedido el 12 de mayo de 2020.

Zastrow, P., Molina-Moreno, F., García-Segura, T., Martí, J. V., & Yepes, V. (2017). Life cycle assessment of cost-optimized buttress earth-retaining walls: A parametric study. *Journal of Cleaner Production*, 140, 1037–1048. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.10.085> Accedido el 20 de mayo de 2020.

ANEJO N.º 3: TOMA DE DECISIONES.

PRESENTADO POR: ALBERTO GARCÍA CÁRCEL

GRADO EN INGENIERÍA CIVIL

TUTOR: VÍCTOR YEPES PIQUERAS

COTUTOR: JULIÁN ALCALÁ GONZÁLEZ

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA





ÍNDICE

1.	INTRODUCCIÓN.....	10	3.3.4	RESUMEN DE LA PRIORIDAD DE LOS CRITERIOS.....	24
2.	FUNDAMENTOS TEÓRICOS DEL AHP.....	10	3.4.	PONDERACIÓN DE ALTERNATIVAS.....	24
2.1.	INTRODUCCIÓN.....	10	3.4.1.	CRITERIOS ECONÓMICOS.....	25
2.2.	ETAPAS DEL MÉTODO AHP.....	11	3.4.1.1.	COSTE DE PRODUCCIÓN.....	25
2.2.1.	PASO 1: JERARQUIZACIÓN DEL PROBLEMA.....	11	3.4.1.2.	COSTE DE CONSTRUCCIÓN.....	25
2.2.2.	PASO 2: COMPARACIONES.....	12	3.4.1.3.	COSTE DE MANTENIMIENTO.....	26
2.2.3.	PASO 3: CALCULO DE PRIORIDAD.....	12	3.4.1.4.	COSTE DE DEMOLICIÓN.....	26
2.2.4.	PASO 4: ANALISIS DE CONSISTENCIA.....	14	3.4.2.	CRITERIOS AMBIENTALES.....	27
2.2.5.	PASO 5: IDONEIDAD.....	15	3.4.2.1.	SALUD HUMANA.....	27
3.	DESARROLLO DEL AHP.....	15	3.4.2.2.	ECOSISTEMAS.....	27
3.1.	SELECCIÓN DE CRITERIOS.....	16	3.4.2.3.	RECURSOS.....	28
3.2.	ESQUEMA JERARQUICO.....	17	3.4.3.	CRITERIOS SOCIALES DEL ACV-S.....	28
3.3.	PONDERACIÓN DE CRITERIOS.....	18	3.4.3.1.	ACTORES DE LA CADENA DE MANDO.....	28
3.3.1	PRIMER NIVEL.....	18	3.4.3.2.	CONSUMIDORES.....	29
3.3.2	SEGUNDO NIVEL.....	19	3.4.3.3.	SOCIEDAD.....	29
3.3.2.1.	SUBCRITERIOS ECONÓMICOS.....	19	3.4.3.4.	TRABAJADORES.....	30
3.3.2.2.	SUBCRITERIOS AMBIENTALES.....	20	3.4.3.5.	COMUNIDAD LOCAL.....	31
3.3.2.3.	SUBCRITERIOS SOCIALES.....	21	3.4.4.	CRITERIOS SOCIALES PROPIOS.....	31
3.3.3	TERCER NIVEL.....	21	3.4.4.1.	ESTÉTICA.....	31
3.3.3.1.	SUBCRITERIOS DEL ACV-S (SC1).....	21	3.4.4.2.	ACCESIBILIDAD.....	32
3.3.3.2.	SUBCRITERIOS PROPIOS (SC2).....	23	3.4.4.3.	INTEGRACIÓN AL ENTORNO.....	33
			3.4.4.4.	SEGURIDAD.....	34



3.4.4.5.	DURABILIDAD	34
3.4.4.6.	INTERRUPCIÓN DE TRÁFICO	35
3.4.5.	RESUMEN PONDERACIÓN ALTERNATIVAS	36
4.	IDONEIDAD DE LA SOLUCIÓN	36
5.	CALCULOS AGRUPACIÓN DE CRITERIOS SOCIALES.....	40
5.1.	ACTORES DE LA CADENA DE MANDO.....	41
5.2.	CONSUMIDORES.....	42
5.3.	SOCIEDAD	44
5.4.	TRABAJADORES	46
5.5.	COMUNIDAD LOCAL	48
6.	CONCLUSIÓN	51
7.	REFERENCIAS.....	52



ÍNDICE DE FORMAS

ESQUEMAS

Esquema 1. Ejemplo de estructura jerárquica AHP. (Fuente: Blog Victor Yepes)	11
Esquema 2. Niveles jerárquicos para el problema planteado. (Fuente: Elaboración propia)	18

ECUACIONES

Ecuación 1. Media geométrica. (Fuente: Elaboración propia)	13
Ecuación 2. Aplicación de media geométrica. (Fuente: Elaboración propia)	13
Ecuación 3. Obtención de los pesos. (Fuente: Elaboración propia)	13
Ecuación 4. Valor del Índice de consistencia. (Fuente: V. Yepes)	14
Ecuación 5. Obtención matriz E (Fuente: V. Yepes)	14
Ecuación 6. Valor de la proporción de consistencia. (Fuente: Blog V. Yepes)	14

FIGURAS

Figura 1. Perspectiva general de la pasarela tipo arco (bowstring). Dimensiones principales: 40 metros de largo, 5,86 metros de ancho. (Fuente: elaboración propia en SAP2000).

40

DIAGRAMAS

Diagrama 1. Prioridad de criterios de primer nivel. (Fuente: Propia).....	18
Diagrama 2. Prioridad de subcriterios de segundo nivel. (Fuente: Propia)	20
Diagrama 3. Prioridad de subcriterios de segundo nivel. (Fuente: Propia)	20
Diagrama 4. Prioridad de subcriterios de segundo nivel. (Fuente: Propia)	21
Diagrama 5. Prioridad de subcriterios de tercer nivel. (Fuente: Propia) ...	22
Diagrama 6. Prioridad de subcriterios de tercer nivel. (Fuente: Propia) ...	23
Diagrama 7. Puntuaciones totales por alternativa. (Fuente: Elaboración Propia)	37
Diagrama 8. Puntuación del pilar económico de cada alternativa. (Fuente: Elaboración propia)	37



Diagrama 9. Puntuación del pilar ambiental de cada alternativa.
(Fuente: Elaboración propia)..... 38

Diagrama 10. Puntuación del pilar social de cada alternativa.
(Fuente: Elaboración propia)..... 38

Diagrama 11. Puntuación por pilar de cada alternativa.
(Fuente: Elaboración propia)..... 39

TABLAS

Tabla 1. Escala fundamental de comparación por pares.
(Fuente: Saaty, 1980) 12

Tabla 2. Ejemplo de matriz de decisión. (Fuente: Elaboración propia)..... 12

Tabla 3. Índice aleatorio RI. (Fuente: Propia). (Inspirado: Saaty, T.L., 1998)
..... 15

Tabla 4. Porcentajes máximos del ratio de consistencia CR. (Fuente: Saaty,
1998)..... 15

Tabla 5. Resumen de criterios y subcriterios. (Fuente: Elaboración Propia)
..... 17

Tabla 6. Matriz de comparación de criterios del primer nivel.
(Fuente: Elaboración Propia)..... 18

Tabla 7. Consistencia de criterios del primer nivel. (Fuente: Elaboración
Propia). 19

Tabla 8. Pesos de los criterios. (Fuente: Elaboración propia) 19

Tabla 9. Normalización de un criterio cuantitativo. (Fuente: Elaboración
Propia)..... 20

Tabla 10. Normalización de un criterio cuantitativo. (Fuente: Elaboración
Propia)..... 20

Tabla 11. Matriz de comparación de subcriterios sociales.
(Fuente: Elaboración Propia) 21

Tabla 12. Matriz de comparación de subcriterios sociales.
(Fuente: Elaboración Propia) 22

Tabla 13. Consistencia de criterios del tercer nivel social. (Fuente:
Elaboración Propia)..... 22

Tabla 14. Matriz de comparación de subcriterios sociales.
(Fuente: Elaboración Propia) 23

Tabla 15. Consistencia de criterios del tercer nivel social. (Fuente:
Elaboración Propia)..... 23

Tabla 16. Pesos finales de todos los subcriterios. (Fuente: Propia)..... 24

Tabla 17. Normalización de un criterio cuantitativo. (Fuente: Elaboración
Propia)..... 25

Tabla 18. Peso de las alternativas respecto CE-1. (Fuente: Elaboración
Propia)..... 25

Tabla 19. Normalización de un criterio cuantitativo. (Fuente: Elaboración
Propia)..... 25



Tabla 20. Peso de las alternativas respecto CE-2. (Fuente: Elaboración Propia)	25	Tabla 31. Criterios que forman el Stakeholder. (Fuente: Elaboración Propia).	28
Tabla 21. Normalización de un criterio cuantitativo. (Fuente: Elaboración Propia)	26	Tabla 32. Peso de las alternativas respecto CS1-1. (Fuente: Elaboración Propia)	29
Tabla 22. Peso de las alternativas respecto CE-3. (Fuente: Elaboración Propia)	26	Tabla 33. Criterios que forman el Stakeholder. (Fuente: Elaboración Propia)	29
Tabla 23. Normalización de un criterio cuantitativo. (Fuente: Elaboración Propia)	26	Tabla 34. Peso de las alternativas respecto CS1-2. (Fuente: Propia)	29
Tabla 24. Peso de las alternativas respecto CE-4. (Fuente: Elaboración Propia)	26	Tabla 35. Criterios que forman el Stakeholder. (Fuente: Elaboración Propia)	29
Tabla 25. Normalización de un criterio cuantitativo. (Fuente: Elaboración Propia)	27	Tabla 36. Peso de las alternativas respecto CS1-3. (Fuente: Elaboración Propia)	30
Tabla 26. Peso de las alternativas respecto CA-1. (Fuente: Elaboración Propia)	27	Tabla 37. Criterios que forman el Stakeholder. (Fuente: Elaboración Propia)	30
Tabla 27. Normalización de un criterio cuantitativo. (Fuente: Elaboración Propia)	27	Tabla 38. Peso de las alternativas respecto CS1-4. (Fuente: Elaboración Propia)	30
Tabla 28. Peso de las alternativas respecto CA-2. (Fuente: Elaboración Propia)	27	Tabla 39. Criterios que forman el Stakeholder. (Fuente: Elaboración Propia)	31
Tabla 29. Normalización de un criterio cuantitativo. (Fuente: Elaboración Propia)	28	Tabla 40. Peso de las alternativas respecto CS1-5. (Fuente: Elaboración Propia)	31
Tabla 30. Peso de las alternativas respecto CA-3. (Fuente: Elaboración Propia)	28	Tabla 41. Matriz de comparación de alternativas con CS2-1. (Fuente: Elaboración Propia)	31



Tabla 42. Peso de las alternativas respecto CS2-1. (Fuente: Elaboración Propia)	32	Tabla 53. Matriz de comparación de alternativas con CS2-5. (Fuente: Elaboración Propia)	34
Tabla 43. Consistencia de la matriz de comparación. (Fuente: Elaboración Propia)	32	Tabla 54. Peso de las alternativas respecto CS2-5. (Fuente: Elaboración Propia)	35
Tabla 44. Matriz de comparación de alternativas con CS2-2. (Fuente: Elaboración Propia).....	32	Tabla 55. Consistencia de la matriz de comparación. (Fuente: Elaboración Propia)	35
Tabla 45. Peso de las alternativas respecto CS2-2. (Fuente: Elaboración Propia)	32	Tabla 56. Normalización de un criterio cuantitativo. (Fuente: Elaboración Propia)	35
Tabla 46. Consistencia de la matriz de comparación. (Fuente: Elaboración Propia).....	33	Tabla 57. Peso de las alternativas respecto CS2-6. (Elaboración Propia) ..	35
Tabla 47. Matriz de comparación de alternativas con CS2-3. (Fuente: Elaboración Propia).....	33	Tabla 58. Resumen de la ponderación de alternativas. (Fuente: Elaboración Propia)	36
Tabla 48. Peso de las alternativas respecto CS2-3. (Fuente: Elaboración Propia)	33	Tabla 59. Puntuaciones finales de las alternativas. (Fuente: Elaboración Propia).....	36
Tabla 49. Consistencia de la matriz de comparación. (Fuente: Elaboración Propia).....	33	Tabla 60. Agrupación de criterios sociales. (Fuente: Elaboración Propia) .	41
Tabla 50: Matriz de comparación de alternativas con CS2-4. (Fuente: Elaboración Propia).....	34	Tabla 61. Matriz de comparación del stakeholder. (Fuente: Elaboración Propia)	41
Tabla 51: Peso de las alternativas respecto CS2-4. (Fuente: Propia)	34	Tabla 62. Normalización de un criterio cuantitativo. (Fuente: Elaboración Propia).....	41
Tabla 52. Consistencia de la matriz de comparación. (Fuente: Elaboración Propia)	34	Tabla 63. Normalización de un criterio cuantitativo. (Fuente: Elaboración Propia).....	42



Tabla 64. Matriz de comparación del stakeholder. (Fuente: Elaboración Propia)	42	Tabla 75. Normalización de un criterio cuantitativo. (Fuente: Elaboración Propia)	45
Tabla 65. Consistencia de criterios del tercer nivel social. (Fuente: Elaboración Propia)	42	Tabla 76. Normalización de un criterio cuantitativo. (Fuente: Elaboración Propia)	45
Tabla 66. Normalización de un criterio cuantitativo. (Fuente: Elaboración Propia)	43	Tabla 77. Normalización de un criterio cuantitativo. (Fuente: Elaboración Propia)	45
Tabla 67. Normalización de un criterio cuantitativo. (Fuente: Elaboración Propia)	43	Tabla 78. Normalización de un criterio cuantitativo. (Fuente: Elaboración Propia)	45
Tabla 68. Normalización de un criterio cuantitativo. (Fuente: Elaboración Propia)	43	Tabla 79. Normalización de un criterio cuantitativo. (Fuente: Elaboración Propia)	46
Tabla 69. Matriz de comparación del stakeholder. (Fuente: Elaboración Propia)	44	Tabla 80. Matriz de comparación del stakeholder. (Fuente: Propia)	46
Tabla 70. Consistencia de criterios del tercer nivel social. (Fuente: Elaboración Propia)	44	Tabla 81. Consistencia de criterios del tercer nivel social. (Propia)	46
Tabla 71. Normalización de un criterio cuantitativo. (Fuente: Elaboración Propia)	44	Tabla 82. Normalización de un criterio cuantitativo. (Fuente: Elaboración Propia)	47
Tabla 72. Normalización de un criterio cuantitativo. (Fuente: Elaboración Propia)	44	Tabla 83. Normalización de un criterio cuantitativo. (Fuente: Elaboración Propia)	47
Tabla 73. Normalización de un criterio cuantitativo. (Fuente: Elaboración Propia)	45	Tabla 84. Normalización de un criterio cuantitativo. (Fuente: Elaboración Propia)	47
Tabla 74. Normalización de un criterio cuantitativo. (Fuente: Elaboración Propia)	45	Tabla 85. Normalización de un criterio cuantitativo. (Fuente: Elaboración Propia)	47



Tabla 86. Normalización de un criterio cuantitativo. (Fuente: Elaboración Propia)	47	Tabla 97. Normalización de un criterio cuantitativo. (Fuente: Elaboración Propia)	50
Tabla 87. Normalización de un criterio cuantitativo. (Fuente: Elaboración Propia)	47	Tabla 98. Normalización de un criterio cuantitativo. (Fuente: Elaboración Propia)	50
Tabla 88. Normalización de un criterio cuantitativo. (Fuente: Elaboración Propia)	48	Tabla 99. Normalización de un criterio cuantitativo. (Fuente: Elaboración Propia)	50
Tabla 89. Normalización de un criterio cuantitativo. (Fuente: Elaboración Propia)	48	Tabla 100. Normalización de un criterio cuantitativo. (Fuente: Elaboración Propia)	50
Tabla 90. Normalización de un criterio cuantitativo. (Fuente: Elaboración Propia)	48	Tabla 101. Normalización de un criterio cuantitativo. (Fuente: Elaboración Propia)	50
Tabla 91. Normalización de un criterio cuantitativo. (Fuente: Elaboración Propia)	48	Tabla 102. Normalización de un criterio cuantitativo. (Fuente: Elaboración Propia)	51
Tabla 92. Normalización de un criterio cuantitativo. (Fuente: Elaboración Propia)	48	Tabla 103. Normalización de un criterio cuantitativo. (Fuente: Elaboración Propia)	51
Tabla 93. Matriz de comparación del stakeholder. (Fuente: Propia)	49		
Tabla 94. Consistencia de criterios del tercer nivel social. (Propia)	49		
Tabla 95. Normalización de un criterio cuantitativo. (Fuente: Elaboración Propia)	49		
Tabla 96. Normalización de un criterio cuantitativo. (Fuente: Elaboración Propia)	50		



1. INTRODUCCIÓN.

Para la elección de la solución se va a utilizar el método **Analytic Hierarchy Process (AHP)**, que se traduce como **Proceso Analítico Jerárquico** en español. Durante el desarrollo de este anejo se va a explicar en primer lugar los fundamentos teóricos básicos y los pasos a realizar para poder comprender y aplicar sin fallos este método y posteriormente se aplicará el método AHP al caso del estudio para poder obtener finalmente la solución más adecuada teniendo en cuenta las tres perspectivas de la sostenibilidad que son:

- Perspectiva ambiental.
- Perspectiva económica.
- Perspectiva social.

2. FUNDAMENTOS TEÓRICOS DEL AHP.

2.1. INTRODUCCIÓN.

Hoy en día, a causa de la complejidad del entorno, los problemas que se plantean son cada vez más complejos y en muchas ocasiones para tomar una decisión se necesitan unos criterios o justificaciones, de los cuales se tienen muy poca información o tienen en cuenta valores cualitativos que son difíciles de valorar. Es por ello que el profesor Thomas L. Saaty propuso en la década de los 70 el método multicriterio denominado Proceso Analítico Jerárquico (AHP) como solución para poder hacer frente a este tipo de decisiones complejas. En sus inicios este método se utilizó

únicamente en el Departamento de Defensa de Estados Unidos, pero en la actualidad se aplica en prácticamente todos los ámbitos de economía y empresa, entre tantos.

El Proceso de Análisis Jerárquico, es un método de toma de decisiones multicriterio que se basa en un problema de múltiples criterios, el cual se puede sintetizar a través de la jerarquización de los problemas generados. En palabras de Thomas L. Saaty el método “trata de deshacer el problema en estudio y posteriormente agrupar las soluciones de los subproblemas en un resultado final, como si fuera una conclusión” (Saaty, 1980).

Para aplicar el método se deben realizar comparaciones por pares, puesto que se ha demostrado psicológicamente que el cerebro humano procesa mejor comparando dos a dos, o sea dos criterios o alternativas entre sí que cuando hace comparaciones globales. Además, este método necesita juicios subjetivos para obtener de cada uno de los criterios evaluados la importancia relativa y para indicar la preferencia en relación con cada una de las alternativas. La finalidad del AHP es obtener una jerarquización con valores que exponen la prioridad o preferencia global de cada una de las alternativas con respecto a las demás.

Las ventajas y características de porque se ha escogido este método en vez de otros métodos de decisión multicriterio son:

- Interés por priorizar e identificar los impactos o problemas.
- Se puede establecer una prioridad o preferencia entre varias alternativas teniendo en cuenta diferentes criterios.
- Permite desglosar y analizar un problema por partes.
- Presenta un sustento psicológico y matemático.



- Permite tener en cuenta criterios cualitativos y cuantitativos mediante una escala común.
- Se pueden realizar correcciones, gracias al análisis de consistencia.

2.2. ETAPAS DEL MÉTODO AHP.

Para realizar el método AHP se deben seguir los siguientes pasos:

2.2.1. PASO 1: JERARQUIZACIÓN DEL PROBLEMA.

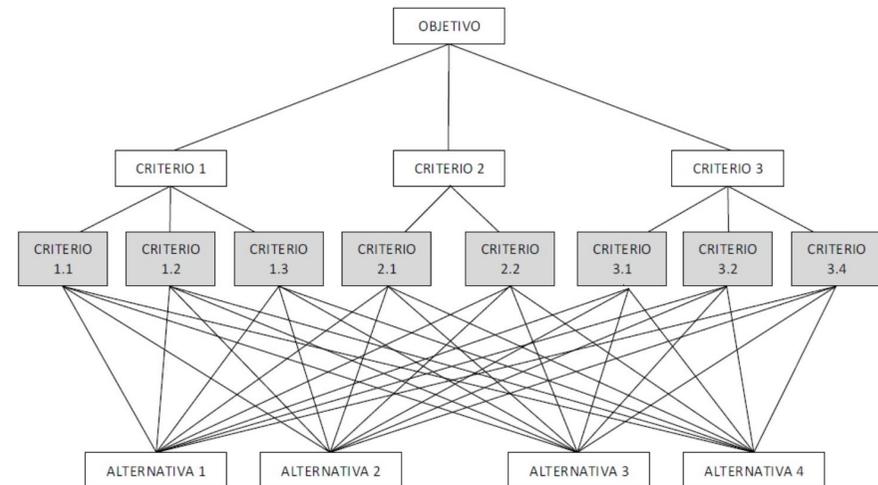
En este paso se estructuran y definen los objetivos, los criterios que se utilizarán ya sean cuantitativos o cualitativos y las 4 alternativas que se estudian. En esta jerarquización el objetivo principal se sitúa en el punto superior y las alternativas que van a ser valoradas se encuentran en la base.

Lo primero que se debe hacer es definir el objetivo del método. Una vez conocido el objetivo se deben definir las alternativas, de las cuales una de ellas será la óptima para conseguir el objetivo.

A continuación, se definen los criterios que se valorarán. Estos criterios se pueden dividir en varios subcriterios, pero tanto los criterios como los subcriterios deben de representar el problema de la forma más completa posible y no deben estar relacionados unos con otros. Además, deben de ser medibles y cuantificables ya sea cualitativamente o numéricamente.

En conclusión, el problema se jerarquiza generalmente en tres niveles (véase Esquema 1), el nivel más alto corresponde al objetivo del estudio,

en el segundo nivel estarán situados los criterios que se forman mediante una estructura jerárquica descendente, en la que la parte superior está constituida por uno o varios criterios y estos se desglosan en subcriterios en estos niveles de jerarquía son en los que se realizan comparaciones entre los elementos del mismo nivel dos a dos en base a la importancia que cada uno de estos tiene con respecto al nivel superior. En el nivel más bajo se colocan las alternativas consideradas en la toma de decisión.



Esquema 1. Ejemplo de estructura jerárquica AHP.
(Fuente: Blog Víctor Yepes, 2018)



2.2.2. PASO 2: COMPARACIONES

La finalidad de este paso es obtener el vector de peso, es decir en comparar la importancia que cada criterio tiene con respecto a los demás y en comparar cada criterio con cada una de las alternativas.

Conocida la estructura jerárquica, o sea las alternativas y los criterios, se debe ponderar la importancia de cada uno de los criterios entre ellos y entre las alternativas. Esto se efectúa comparando los criterios de cada grupo del mismo nivel jerárquico para posteriormente comparar las alternativas respecto a los criterios del nivel inferior, es decir mediante comparaciones pareadas lo que conforma la clave del método.

Para poder realizar estas comparaciones se utilizan matrices de comparación pareada usando una Escala Fundamental (véase Tabla 1) del 1 al 9 para calificar las preferencias relativas de los elementos. La Tabla 1 indica la correlación entre valoración cuantitativa y cualitativa.

VALOR	DEFINICIÓN	COMENTARIOS
1	Igual importancia	El criterio A es igual de importante que el criterio B
3	Importancia moderada	La experiencia y el juicio favorecen ligeramente al criterio A sobre el B
5	Importancia grande	La experiencia y el juicio favorecen fuertemente el criterio A sobre el B
7	Importancia muy grande	El criterio A es mucho más importante que el B
9	Importancia extrema	La mayor importancia del criterio A sobre el B está fuera de toda duda
2,4,6 y 8	Valores intermedios entre los anteriores, cuando es necesario matizar	

Tabla 1. Escala fundamental de comparación por pares.
(Fuente: Saaty, 1980)

Tanto con la comparación de los diversos criterios del mismo nivel jerárquico como con la comparación de las diversas alternativas con los

criterios del nivel inferior de la estructura jerárquica dan como resultado una matriz cuadrada denominada matriz de decisión. Esta matriz debe de cumplir las siguientes propiedades:

- **Propiedad de reciprocidad:** se debe cumplir que si $a_{ij}=x$, entonces $a_{ji}=1/x$. Por lo que solo se necesitan $n(n-1) / 2$ comparaciones según esta propiedad.
- **Propiedad de homogeneidad:** si “i” y “j” son igual de importantes, $a_{ij}=a_{ji}=1$, por lo que, $a_{ii}=1$ para todo i. Los criterios o alternativas que se comparan entre si deben de ser de la misma importancia.
- **Propiedad de consistencia:** la matriz no debe contener contradicciones en la valoración realizada. Esta propiedad se verá en el siguiente paso.

Un ejemplo de matriz de decisión comparando 4 criterios, siguiendo el procedimiento y cumpliendo con las diferentes propiedades, podría ser el siguiente:

Criterios	C1	C2	C3	C4
C1	1	x_{12}	x_{13}	x_{14}
C2	$1/x_{12}$	1	x_{23}	x_{24}
C3	$1/x_{13}$	$1/x_{23}$	1	x_{34}
C4	$1/x_{14}$	$1/x_{24}$	$1/x_{34}$	1

Tabla 2. Ejemplo de matriz de decisión. (Fuente: Elaboración propia)

2.2.3. PASO 3: CALCULO DE PRIORIDAD.

La prioridad indica la importancia o preferencia que el decisor le ha asignado a cada criterio o alternativa, es un vector de pesos que se obtiene a partir de la matriz de comparaciones pareadas.



Para calcular la prioridad o el vector de pesos de una matriz de decisión A se deben seguir los siguientes pasos:

- **Paso 1:** calcular la media geométrica (MG) de cada fila de la matriz A para ello aplicar la siguiente formula en cada fila de la matriz.

$$\bar{x} = \sqrt[n]{\prod_{k=1}^n x_k}$$

Ecuación 1. Media geométrica.
(Fuente: Elaboración propia)

Como ejemplo de aplicación de la ecuación anterior en la siguiente formula se puede ver aplicada en la primera fila de una matriz:

$$\bar{x} = \sqrt[n]{a_{11} \cdot a_{12} \dots a_{1n}}$$

Ecuación 2. Aplicación de media geométrica.
(Fuente: Elaboración propia)

Donde:

n = la dimensión de la matriz A

- **Paso 2:** Una vez se tiene la media geométrica de todas las filas de la matriz de decisión se suman.

- **Paso 3:** Para obtener el vector de pesos ($\vec{w} = \{w_1, w_2, w_3 \dots, w_n\}$) se debe dividir cada media geométrica de las filas (\bar{x}_i) de la matriz A entre la suma de todas ellas. Siguiendo la siguiente formula:

$$w_i = \frac{\bar{x}_i}{\sum_{i=1}^n \bar{x}_i}$$

Ecuación 3. Obtención de los pesos.
(Fuente: Elaboración propia)

Donde:

n = la dimensión de la matriz A

Como se comparan criterios y alternativas se pueden obtener dos vectores:

- Si el vector propio obtenido expresa la importancia o peso relativo que cada uno de los criterios seleccionados tiene en la valoración con el conjunto de alternativas es el vector de la matriz de criterios.
- Si el vector propio obtenido indica el peso o importancia relativa de cada una de las alternativas para un criterio específico es el vector de la matriz de alternativas para un criterio determinado, que es un vector columna. Por lo que se obtendrán tantos vectores como criterios se tengan en cuenta.

Al realizar la comparación por pares se realiza un juicio personal, lo que puede dar lugar a una cierta subjetividad que hay que evaluar para ver si es aceptable. Esto se comprueba en el siguiente paso.



2.2.4. PASO 4: ANALISIS DE CONSISTENCIA

Como ya se ha dicho con anterioridad, al hacer la combinación por pares el decisor realiza un juicio personal, lo que provoca una cierta subjetividad. A causa de la subjetividad inevitable del decisor, la propiedad de consistencia solo se da en los casos en las que se tenga la misma importancia o se comparen únicamente dos criterios o alternativas. Por lo que el objetivo de este paso es intentar hacer lo más objetiva posible esa subjetividad en las comparaciones por pares, evaluando la consistencia para ver si es aceptable.

El grado de inconsistencia se mide con la Proporción de Inconsistencia (CR), hay un procedimiento para calcularlo. Primero se debe de obtener el índice de consistencia (*Consistency Index*, CI) mediante la siguiente formula:

$$CI = \frac{1}{n(n-1)} \sum_{i \neq j}^n (e_{ij} - 1),$$

Ecuación 4. Valor del Índice de consistencia. (Fuente: V. Yepes)

Donde:

e_{ij} = son los valores de la matriz E

n = la dimensión de la matriz de decisión

Para obtener la matriz E y con ella los valores e_{ij} se deben seguir los siguientes pasos, pero en resumen es el valor del promedio de los valores obtenidos al multiplicar la matriz A que es la matriz de comparación

pareada por el vector de pesos, y posteriormente dividir cada componente por el vector de pesos.

- **Paso 1:** Se calculan los pesos de la matriz de decisión A como se ha visto en el apartado anterior.
- **Paso 2:** Se traspone el vector de pesos y se coloca de forma que el primer valor del vector coincida con la primera columna y así sucesivamente.
- **Paso 3:** Se obtiene la matriz E mediante la siguiente ecuación:

$$e_{ij} = \frac{a_{ij} \cdot w_j}{w_i}$$

Ecuación 5. Obtención matriz E (Fuente: V. Yepes)

- **Paso 4:** Aplicar la Ecuación 4 para obtener CI.

Una vez obtenido CI, se obtiene la proporción de consistencia (*Consistency Ratio*, CR) mediante la siguiente ecuación

$$CR = \frac{CI}{RI(n)},$$

Ecuación 6. Valor de la proporción de consistencia. (Fuente: Blog V. Yepes)

Donde:



RI es el índice aleatorio, que indica la consistencia de una matriz aleatoria (véase Tabla 3):

Tamaño de la matriz	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
índice aleatorio (RI)	0	0,525	0,882	1,115	1,252	1,341	1,404	1,452	1,484	1,51

Tabla 3. Índice aleatorio RI. (Fuente: Propia). (Inspirado: Saaty, T.L., 1998)

Si el CR no supera los valores indicados en la Tabla 4 es aceptable, es decir, se puede continuarse con la toma de decisiones, pero si en una matriz se supera el CR máximo, hay que revisar las ponderaciones.

Tamaño de la matriz (n)	Ratio de consistencia
3	5%
4	9%
5 o mayor	10%

Tabla 4. Porcentajes máximos del ratio de consistencia CR. (Fuente: Saaty, 1998)

2.2.5. PASO 5: IDONEIDAD

El objetivo de este último paso es obtener cuál de las alternativas es la más idónea según los criterios seleccionados, lo que se obtiene es un vector de pesos en el que cuanto más alta es la puntuación mejor alternativa es respecto a las demás. Para ello ya se deben de tener las ponderaciones para cada criterio y subcriterio, y una vez se obtengan se procede a la evaluación de las alternativas para obtener la prioridad relativa de cada alternativa con respecto a los criterios que se tengan en cuenta, con ello se obtiene un vector de pesos de cada alternativa según cada criterio. Con todo ello, se calcula la idoneidad de cada alternativa de la siguiente forma:

$$Idoneidad = (W_{ci} \cdot W_{cij} \cdot W_{aij})$$

En donde:

W_{ci} es el peso asignado para cada criterio.

W_{cij} el peso asignado para cada subcriterio.

W_{aij} el peso asignado de cada alternativa con respecto a cada subcriterio.

Por lo que la Idoneidad es la multiplicación del peso de cada criterio por el peso del subcriterio que se está analizando y por el peso de cada alternativa según el subcriterio que se está analizando.

3. DESARROLLO DEL AHP.

El objetivo de la aplicación de la AHP es obtener la mejor alternativa, dentro de las explicadas en el **ANEJO Nº.1 DEFINICIÓN DE LAS ALTERNATIVAS** teniendo en cuenta la sostenibilidad de las alternativas, es decir el medioambiente, el coste y la sociedad. Para ello se ha realizado un Análisis de Ciclo de Vida de todas las alternativas, en el **ANEJO Nº.2 ANÁLISIS DEL CICLO DE VIDA**. Gracias a ello se podrá realizar un esquema jerárquico para establecer los diferentes criterios y subcriterios que se utilizarán para realizar el método AHP.

Una vez sabidas las alternativas y los criterios, se aplicará el método AHP, con el que se tendrá que en primer lugar valorar las prioridades relativas entre los diversos criterios, es decir la ponderación de los criterios. Para a continuación realizar la ponderación de las alternativas en relación con los criterios todo ello por medio de las matrices de comparaciones pareadas. Para obtener finalmente los pesos o puntuaciones globales de cada alternativa.

Con ello se podrá obtener cual es la mejor alternativa teniendo en cuenta todo el ciclo de vida de la estructura y con criterios tanto económicos como



medioambientales como sociales pudiendo valorar así más aspectos aparte del económico y más fases aparte de la construcción, y llegando por tanto a elegir aquella alternativa con un conjunto más equilibrado.

3.1. SELECCIÓN DE CRITERIOS

Para la selección de criterios y subcriterios, se ha tenido en cuenta las características económicas, técnicas, medioambientales y sociales que nos ha proporcionado el **ANEJO Nº.2 ANÁLISIS DEL CICLO DE VIDA** y lo aconsejado por el tutor y cotutor de este trabajo.

Los criterios seleccionados se dividen en los tres pilares de la sostenibilidad y son los siguientes:

- **CE. - Criterio económico:** Coste total a lo largo del ciclo de vida de cada alternativa. Obtenido a partir del Coste de Ciclo de Vida
 - CE-1.- Costes de Producción: Coste total durante la fase de producción de las materias primas teniendo en cuenta el transporte a la obra.
 - CE.2.- Costes de Construcción: Coste total durante la fase de construcción de la pasarela teniendo en cuenta el acabo final.
 - CE.3.- Costes de Mantenimiento: Coste total durante la fase de uso y mantenimiento de la pasarela
 - CE.4.- Costes de Demolición: Coste total durante la fase de fin del ciclo de vida sin tener en cuenta el reciclado.
- **CA. - Criterio medioambiental:** Obtenido a partir del Análisis del Ciclo de Vida Ambiental. Grupo de subcriterios para evaluar los impactos en el medioambiente de cada alternativa:
 - CA.1.- Salud humana: El daño causado a la salud humana puede medirse en años de vida ajustados por discapacidad, en inglés *disability-adjusted life years* (DALY).
 - CA.2.-Ecosistema: El daño causado a los ecosistemas se mide en el número de especies perdida/año.
 - CA.3.-Recursos: El daño causado a los recursos se mide en dólares (\$).
- **CS. - Criterio Social:** Obtenido a partir del Análisis del Ciclo de Vida Social, con el que se busca evaluar el impacto de las diferentes alternativas en la sociedad. Estos criterios se dividen entre los que se obtienen a partir del ACV-S y otros criterios que se han añadido por el realizador de este trabajo.
 - Criterios ACV-S: son criterios obtenidos por la agrupación de varios subcriterios, véase en el apartado 5.CALCULOS AGRUPACIÓN DE CRITERIOS SOCIALES.
 - CS1.1.-Consumidores
 - CS1.2.-Trabajadores
 - CS1.3.-Comunidad Social
 - CS1.4.-Actores de la cadena de mando
 - CS1.5.-Sociedad



- Criterios propios: son los establecidos por el realizador de este trabajo:
 - CS2.1.-Estética
 - CS2.2.-Accesibilidad
 - CS2.3.-Integración al entorno
 - CS2.4.-Separeción peatones-bicicletas
 - CS2.5.-Durabilidad
 - CS2.6.-Durabilidad
 - CS2.7.-Horas de interrupción de tráfico

Codigo	Cirterio	Codigo	Subcriterio	Origen
CE	Criterio económico	CE-1	Costes de Producción	Coste del Ciclo de vida
		CE-2	Costes de Construcción	
		CE-3	Costes de Mantenimiento	
		CE-4	Costes de Demolición	
CA	Criterio ambiental	CA-1	Salud humana	Análisis del Ciclo de Vida Ambiental
		CA-2	Ecosistema	
		CA-3	Recursos	
CS	Criterio social	CS1-1	Actores de la cadena de mando	Análisis del Ciclo de Vida Social
		CS1-2	Consumidores	
		CS1-3	Sociedad	
		CS1-4	Trabajadores	
		CS1-5	Comunidad Local	
		CS2-1	Estética	Propios
		CS2-2	Accesibilidad	
		CS2-3	Integración al entorno	
		CS2-4	Separeción peatones-bicicletas	
		CS2-5	Durabilidad	
		CS2-7	Horas de interrupción de tráfico	

Tabla 5. Resumen de criterios y subcriterios.
(Fuente: Elaboración Propia)

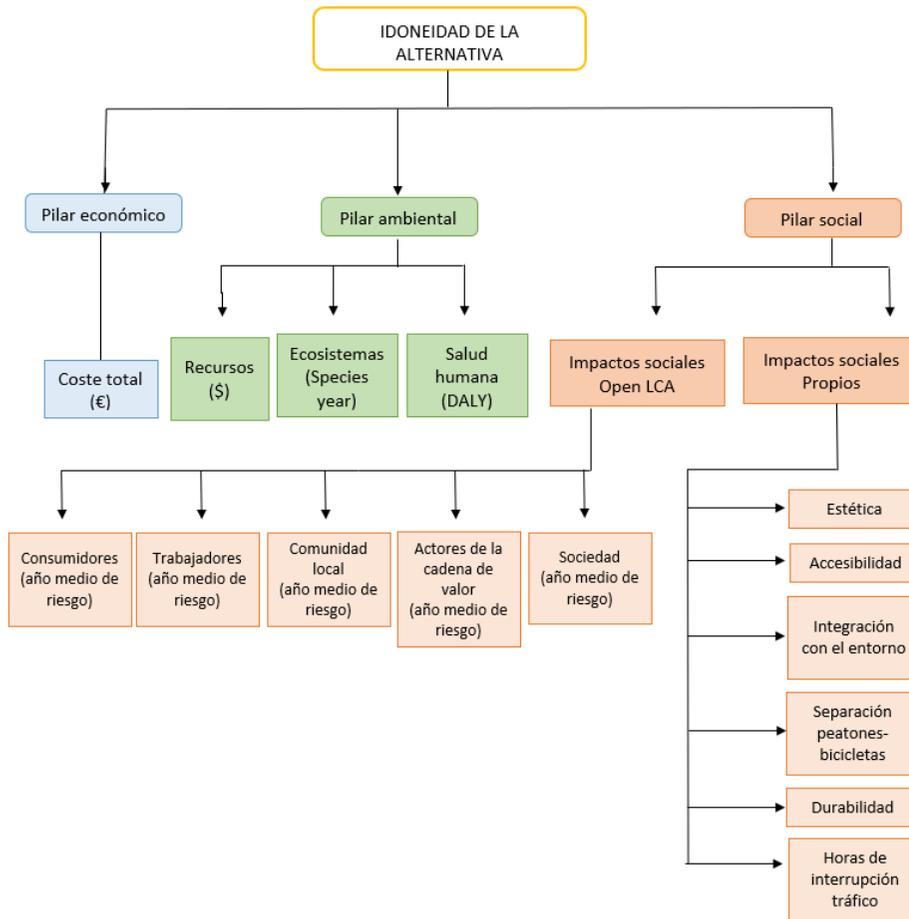
3.2. ESQUEMA JERARQUICO

Una vez seleccionados los criterios y explicado el método del Proceso Analítico Jerárquico (AHP), se procede a aplicar el primer paso del método, la jerarquización del problema.

En toda estructura jerárquica, en el vértice superior se sitúa el objetivo que se quiere alcanzar, en este caso, la idoneidad de la alternativa (véase Esquema 2). Por debajo de este nivel jerárquico se encuentran los criterios seleccionados los cuales han sido el criterio Ambiental, el criterio Social y el criterio Económico. Por debajo de este nivel se encuentran los subcriterios de cada criterio. En resumen, los niveles jerárquicos son:

- **Nivel Superior:** Objetivo de aplicación del método
- **Primer nivel jerárquico:** Criterios económicas, Criterios ambientales y Criterios sociales.
- **Segundo nivel jerárquico:** Subcriterios económicas, Subcriterios ambientales y Subcriterios sociales.
- **Tercer nivel jerárquico:** Criterios que forman los subcriterios sociales

En el siguiente apartado se va a realizar el proceso de ponderación de los criterios y la obtención del peso relativo de cada subcriterio con respecto al criterio principal.



Esquema 2. Niveles jerárquicos para el problema planteado. (Fuente: Elaboración propia)

3.3. PONDERACIÓN DE CRITERIOS

3.3.1 PRIMER NIVEL.

Las prioridades correspondientes al primer nivel son las que podemos ver en la siguiente tabla, compuesto por criterios económicos (CE), medioambientales (CA) y sociales (CS).

CRITERIOS	ECONÓMICO	AMBIENTAL	SOCIAL
ECONÓMICO	1	3	3
AMBIENTAL	0,33	1	1
SOCIAL	0,33	1	1

Tabla 6. Matriz de comparación de criterios del primer nivel. (Fuente: Elaboración Propia)

La prioridad, es decir, el peso obtenido para los criterios del primer nivel una vez se ha realizado la comparación es de:

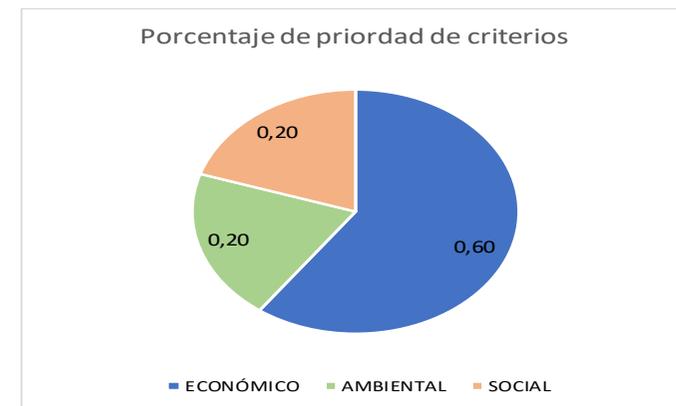


Diagrama 1. Prioridad de criterios de primer nivel. (Fuente: Propia)



En cuanto al análisis de consistencia, el ratio de inconsistencia es de $0 < 0,05$, por lo que cumple la condición de consistencia para matrices 3x3.

RI(3)=	0,525
CI=	0
CR=	0
CR > 0,05	

Tabla 7. Consistencia de criterios del primer nivel.
(Fuente: Elaboración Propia).

Cabe destacar que al criterio económico se le ha dado una importancia mayor, ya que es un criterio totalmente objetivo obtenido a partir de bases de datos plenamente actualizadas y referentes a la zona de estudio, a diferencia de los criterios ambientales y sociales que tienen una mayor incertidumbre. Por lo que finalmente los pesos de cada criterio quedan de la siguiente manera (véase Tabla 8). Pero no solo por eso se le da una mayor importancia al criterio económico sino también por la crisis económica derivada de la pandemia del coronavirus que afectará con especial intensidad a España (D. Viaña, 2020). Por lo cual también se verá afectado el sector de la construcción ya que conforma más de un 5% del total del PIB nacional.

Por otro lado, se le da la misma importancia al criterio ambiental y al social porque, aunque cada vez se este teniendo más en cuenta los criterios ambientales debido a que el ambiente que provoca el sector de la construcción es el causante de un gran porcentaje de las emisiones de CO₂ (Ramesh, et al., 2010), de emitir también un porcentaje de los gases de efecto invernadero (GEI) (Shen, Lu, Yao, & Wu, 2005). Además de que el 40% del uso de materias primas se atribuyen al sector de la construcción (Flower & Sanyajan, 2007). Pero se le da la misma importancia al social que al ambiental, aunque el criterio social sea la “rama olvidada” es un criterio

muy importante porque engloba a las personas tanto a los consumidores como a los trabajadores y forma parte de los Objetivos del Desarrollo Sostenible al igual que el criterio ambiental (Naciones Unidas, 2015)

	PESOS
ECONÓMICO	0,6
AMBIENTAL	0,2
SOCIAL	0,2

Tabla 8. Pesos de los criterios. (Fuente: Elaboración propia)

En el siguiente apartado se obtendrá la importancia de cada uno de los subcriterios del segundo nivel teniendo en cuenta cuales son cuantitativos y cuáles no.

3.3.2 SEGUNDO NIVEL.

3.3.2.1. SUBCRITERIOS ECONÓMICOS

Las prioridades correspondientes al segundo nivel de criterios económicos son las que podemos ver en la siguiente tabla, compuesto por los criterios: Coste producción (CE-1), Coste construcción (CE-2), Coste mantenimiento (CE-3) y Coste demolición (CE-4). Al ser un coste es un criterio cuantitativo, por lo tanto se debe de normalizar para ello seguimos el siguiente método:



Coste	Costes (€)	Normalización
C.Producción	154291,37	0,372
C.Construcción	94847,20	0,228
C.Mantenimiento	124027,02	0,299
C.Demolición	42117,29	0,101
TOTAL	415282,87	1,000

Tabla 9. Normalización de un criterio cuantitativo.
(Fuente: Elaboración Propia)

La prioridad, es decir, el peso obtenido para los criterios del segundo nivel una vez se ha realizado la comparación es de:

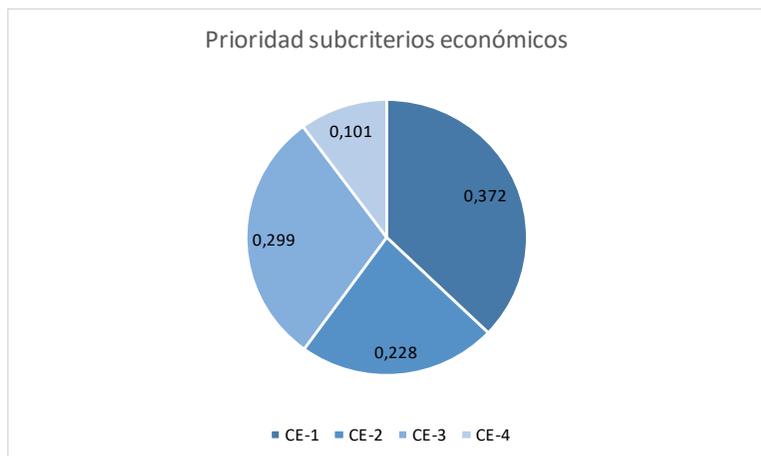


Diagrama 2. Prioridad de subcriterios de segundo nivel.
(Fuente: Elaboración Propia)

3.3.2.2. SUBCRITERIOS AMBIENTALES

Las prioridades correspondientes al segundo nivel de criterios ambientales son las que podemos ver en la siguiente tabla, compuesto por los criterios: Salud humana (CA-1), Ecosistema (CA-2) y Recursos (CA-3). Al ser un criterio cuantitativo, se debe de normalizar para ello seguimos el siguiente método:

Criterios	Cantidad (points)	Normalización
Salud humana	65,90	0,271
Ecosistema	73,86	0,304
Recursos	103,29	0,425
TOTAL	243,05	1,000

Tabla 10. Normalización de un criterio cuantitativo.
(Fuente: Elaboración Propia)

La prioridad, es decir, el peso obtenido para los criterios del segundo nivel una vez se ha realizado la comparación es de:

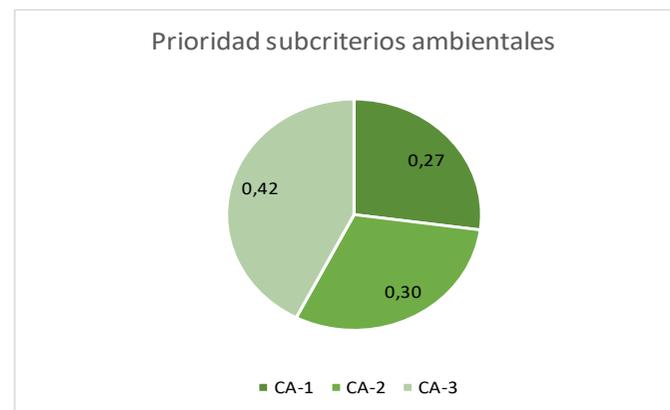


Diagrama 3. Prioridad de subcriterios de segundo nivel.
(Fuente: Propia)



3.3.2.3. SUBCRITERIOS SOCIALES.

Las prioridades correspondientes al segundo nivel de criterios sociales son las que podemos ver en la siguiente tabla, compuesto por los criterios: Criterios del Análisis de Ciclo de vida (CS1) y los Criterios propios (CS2).

SUBCRITERIOS	CS1	CS2
CS1	1	3
CS2	0,33	1

Tabla 11. Matriz de comparación de subcriterios sociales.
(Fuente: Elaboración Propia).

A los criterios sociales obtenidos a partir del Análisis de Ciclo de Vida-Social (CS1) se le ha dado una importancia mayor, ya que es un criterio totalmente objetivo obtenido a partir de bases de datos reconocidas, a diferencia de los criterios sociales propios (CS2) que tienen una mayor subjetividad ya que provienen de un juicio personal.

La prioridad, es decir, el peso obtenido para los criterios del segundo nivel una vez se ha realizado la comparación es de (véase Diagrama 4):



Diagrama 4. Prioridad de subcriterios de segundo nivel. (Fuente: Propia)

En cuanto al análisis de consistencia al ser una matriz 2x2 no es necesario realizarlo, ya que el índice aleatorio es 0.

3.3.3 TERCER NIVEL.

3.3.3.1. SUBCRITERIOS DEL ACV-S (SC1)

Las prioridades correspondientes al tercer nivel de subcriterios sociales son las que podemos ver en la siguiente tabla, compuesto por los criterios: Actores de la cadena de mando (SC1-1), Consumidores (SC1-2), Sociedad (SC1-3), Trabajadores (SC1-4) y Comunidad local (SC1-5).

SUBCRITERIOS	CS1-1	CS1-2	CS1-3	CS1-4	CS1-5
CS1-1	1	1	0,33	0,33	3
CS1-2	1	1	0,33	0,33	1
CS1-3	3	3	1	1	3
CS1-4	3	3	1	1	3
CS1-5	0,33	1	0,33	0,33	1

Tabla 12. Matriz de comparación de subcriterios sociales.
(Fuente: Elaboración Propia)

Se les da una importancia mayor a los criterios de Trabajadores (SC1-4) y Sociedad: (SC1-3), ya que el primero de ellos tiene en cuenta un criterio muy importante que es la seguridad y salud de los trabajadores durante todo el ciclo de vida de la estructura, además de criterios sobre los derechos de los trabajadores. Por otro lado, el segundo tiene en cuenta criterios relacionados con la educación y la igualdad de la sociedad.

Por otra parte se le da menos importancia a el criterio de Comunidad local (SC1-5) porque este tiene en cuenta criterios relacionados con los recursos próximos a la zona de actuación. Mientras que los criterios de Consumidores (SC1-2) y Actores de la cadena de mando (SC1-1), tiene en cuenta criterios relacionados con las personas tanto los usuarios de la pasarela como las que utilizan el proyecto para beneficio propio debido a que las empresas de la construcción se han visto envueltas en los últimos años en múltiples casos de corrupción vinculada a las Administraciones Públicas y los partidos políticos (Mesones, 2019)

La prioridad, es decir, el peso obtenido para los criterios del tercer nivel una vez se ha realizado la comparación es de:

Prioridad subcriterios sociales

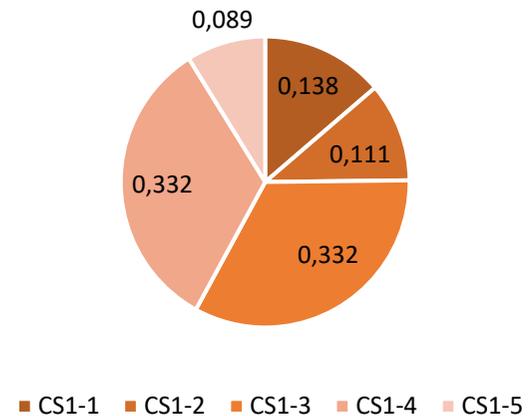


Diagrama 5. Prioridad de subcriterios de tercer nivel. (Fuente: Propia)

En cuanto al análisis de consistencia, el ratio de inconsistencia es de $0,033 < 0,1$, por lo que cumple la condición de consistencia para matrices 5×5 .

RI(5)=	1,115
CI=	0,037
CR=	0,033
CR < 0,1	

Tabla 13. Consistencia de criterios del tercer nivel social.
(Fuente: Elaboración Propia).

3.3.3.2. SUBCRITERIOS PROPIOS (SC2)

Las prioridades correspondientes al tercer nivel de subcriterios sociales propios son las que podemos ver en la siguiente tabla, compuesto por los criterios: Estética (SC2-1), Accesibilidad (SC2-2), Integración al entorno (SC2-3), Separación peatones-bicis (SC2-4), Durabilidad (SC2-5) y Horas de interrupción de tráfico (SC2-6).

SUBCRITERIOS	CS2-1	CS2-2	CS2-3	CS2-4	CS2-5	CS2-6
CS2-1	1	3	3	5	1	1
CS2-2	0,333	1	0,333	1	0,143	0,333
CS2-3	0,333	3	1	3	1	1
CS2-4	0,2	1	0,333	1	0,2	0,2
CS2-5	1	7	1	5	1	1
CS2-6	1	3	1	5	1	1

Tabla 14. Matriz de comparación de subcriterios sociales.
(Fuente: Elaboración Propia)

Como uno de los objetivos es el diseño de una pasarela diferenciadora y de referencia de toda la zona sur de la provincia de Valencia el criterio de Estética (SC2-1) tiene una importancia crucial. Otro de los objetivos es el de comparar las alternativas teniendo en cuenta la sostenibilidad y su ciclo de vida por tanto el criterio de Durabilidad (SC2-5) también tiene una importancia elevada. Otro criterio importante son las Horas de interrupción de tráfico (SC2-6), ya que se quiere evitar en medida de lo posible el atasco en la CV-500. La Integración al entorno (SC2-3) tiene una importancia moderada porque la pasarela se sitúa próxima a la L'Albufera por lo que será vista por muchas personas.

Por último, los criterios de Accesibilidad (SC2-2) y de Separación peatones-bicis (SC2-4) no tienen mucha importancia porque no son criterios diferenciadores.

La prioridad, es decir, el peso obtenido para los criterios del tercer nivel una vez se ha realizado la comparación es de:

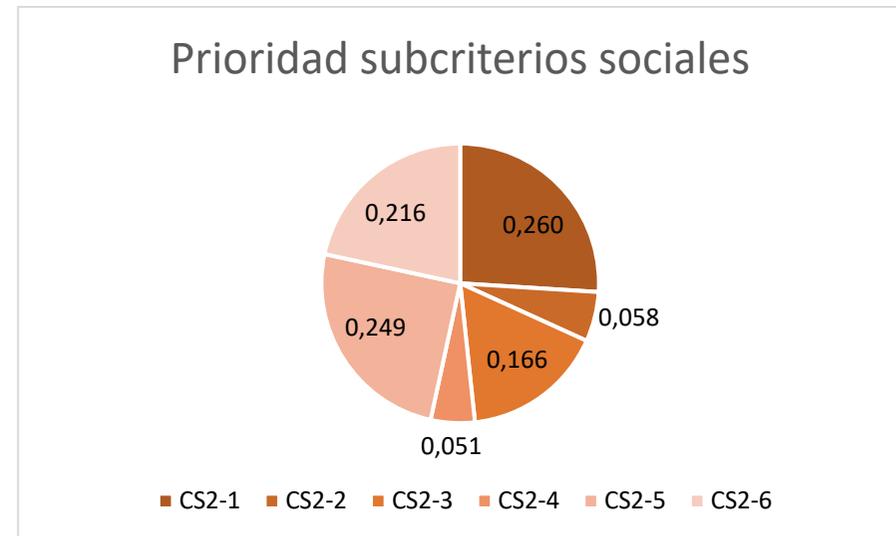


Diagrama 6. Prioridad de subcriterios de tercer nivel. (Fuente: Propia)

En cuanto al análisis de consistencia, el ratio de inconsistencia es de $0,041 < 0,1$, por lo que cumple la condición de consistencia para matrices 6x6.

RI(6)=	1,252
CI=	0,041
CR=	0,033
CR < 0,1	

Tabla 15. Consistencia de criterios del tercer nivel social.
(Fuente: Elaboración Propia).



3.3.4 RESUMEN DE LA PRIORIDAD DE LOS CRITERIOS

En este apartado se muestra una tabla con los pesos finales de cada subcriterio (véase Tabla 16). Dichos pesos se utilizarán en el apartado 4 IDONEIDAD DE LA SOLUCIÓN

Crterios	Peso criterios	Subcriterios	Peso subcriterios	Peso final	
ECONÓMICO	0,600	C. Producción	0,372	0,223	
		C. Construcción	0,228	0,137	
		C. Mantenimiento	0,299	0,179	
		C. Demolición	0,101	0,061	
AMBIENTAL	0,200	Salud Humana	0,27	0,054	
		Ecosistema	0,30	0,061	
		Recursos	0,42	0,085	
SOCIAL	0,200	Actores de la cadena de mando	0,75	0,138	0,021
		Consumidores		0,111	0,017
		Sociedad		0,332	0,050
		Trabajadores		0,332	0,050
		Comunidad Local		0,089	0,013
		Estética	0,25	0,260	0,013
		Accesibilidad		0,058	0,003
		Integración al entorno		0,166	0,008
		Separación peatones bicicletas		0,051	0,003
		Durabilidad		0,249	0,012
		Horas de interrupción de tráfico		0,216	0,011

Tabla 16. Pesos finales de todos los subcriterios. (Fuente: Propia)

Para calcular los pesos finales, se multiplican los pesos de los criterios por los pesos de los subcriterios del segundo nivel jerárquico y en el caso de los criterios sociales también se multiplica por los pesos de los subcriterios del tercer nivel jerárquico

3.4. PONDERACIÓN DE ALTERNATIVAS

En este apartado, se asigna un peso a cada alternativa en función de cada uno de los criterios. Se utilizarán en caso de que sean necesarias las matrices de comparaciones pareadas, ya que si el criterio está cuantificado dependerá del valor que tengan esas variables, lo que quiere decir que no serán necesarias las matrices de comparaciones pareadas de manera que el peso asignado a la alternativa no dependerá de la subjetividad del decisor.

Para asignar pesos a estas alternativas con los criterios cuantificables el procedimiento es la normalización de los diferentes valores. Este procedimiento ocurre en todos los criterios excepto en los criterios sociales propios, en los cuales se han utilizado las matrices de comparación por pares.

Las alternativas que se van a ponderar son:

- **Alternativa 1: Warren en arco**
- **Alternativa 2: Warren**
- **Alternativa 3: Hormigón in-situ**
- **Alternativa 4: Bowstring**



3.4.1. CRITERIOS ECONÓMICOS

Son los criterios obtenidos a partir del Coste del Ciclo de Vida:

3.4.1.1. COSTE DE PRODUCCIÓN

Es un criterio cuantitativo, ya que es un coste, por la tanto se debe de normalizar para ello seguimos el siguiente método:

C.Producción	Costes (€)	1/costes	Normalización
Alternativa 1	44145,41	2,27E-05	0,197
Alternativa 2	52237,17	1,91E-05	0,166
Alternativa 3	21869,14	4,57E-05	0,397
Alternativa 4	36039,64	2,77E-05	0,241
TOTAL	154291,37	0,0001153	1,000

Tabla 17. Normalización de un criterio cuantitativo.
(Fuente: Elaboración Propia)

Los pesos de las alternativas respecto al criterio Costes de Producción (CE-1) son los siguientes:

C.Producción	NORMALIZADO
Alternativa 1	0,20
Alternativa 2	0,17
Alternativa 3	0,40
Alternativa 4	0,24

Tabla 18. Peso de las alternativas respecto CE-1.
(Fuente: Elaboración Propia)

Como conclusión se obtiene que la Alternativa 3 (Hormigón) es más barata que las soluciones de acero en la fase de producción.

3.4.1.2. COSTE DE CONSTRUCCIÓN

Es un criterio cuantitativo, ya que es un coste, por la tanto se debe de normalizar para ello seguimos el siguiente método:

C.Construcción	Costes (€)	1/costes	Normalización
Alternativa 1	26936,19	3,71E-05	0,214
Alternativa 2	28030,53	3,57E-05	0,206
Alternativa 3	20296,50	4,93E-05	0,285
Alternativa 4	19583,98	5,11E-05	0,295
TOTAL	94847,20	0,0001731	1,000

Tabla 19. Normalización de un criterio cuantitativo.
(Fuente: Elaboración Propia)

Los pesos de las alternativas respecto al criterio Costes de Construcción (CE-2) son los siguientes:

C.Construcción	NORMALIZADO
Alternativa 1	0,21
Alternativa 2	0,21
Alternativa 3	0,28
Alternativa 4	0,29

Tabla 20. Peso de las alternativas respecto CE-2.
(Fuente: Elaboración Propia)

Como conclusión se obtiene que la Alternativa 3 (Hormigón) y la Alternativa 4 (Bowstring) son más barata en la fase de construcción, ya que la otras dos tienen muchas barras que hay que soldar.



3.4.1.3. COSTE DE MANTENIMIENTO

Es un criterio cuantitativo, ya que es un coste, por la tanto se debe de normalizar para ello seguimos el siguiente método:

C.Mantenimiento	Costes (€)	1/costes	Normalización
Alternativa 1	28879,57	3,46E-05	0,265
Alternativa 2	29137,90	3,43E-05	0,263
Alternativa 3	37370,51	2,68E-05	0,205
Alternativa 4	28639,03	3,49E-05	0,267
TOTAL	124027,02	0,0001306	1,000

Tabla 21. Normalización de un criterio cuantitativo.
(Fuente: Elaboración Propia)

Los pesos de las alternativas respecto al criterio Costes de Mantenimiento (CE-3) son los siguientes:

C.Mantenimiento	NORMALIZADO
Alternativa 1	0,27
Alternativa 2	0,26
Alternativa 3	0,20
Alternativa 4	0,27

Tabla 22. Peso de las alternativas respecto CE-3.
(Fuente: Elaboración Propia)

Como conclusión se obtiene que las soluciones de acero son más baratas en la fase de mantenimiento, ya que con que estas mientras estén bien protegidas contra la oxidación mantendrán su funcionalidad.

3.4.1.4. COSTE DE DEMOLICIÓN

Es un criterio cuantitativo, ya que es un coste, por la tanto se debe de normalizar para ello seguimos el siguiente método:

C.Demolición	Costes (€)	1/costes	Normalización
Alternativa 1	7818,64	1,28E-04	0,281
Alternativa 2	7948,58	1,26E-04	0,277
Alternativa 3	19690,01	5,08E-05	0,112
Alternativa 4	6660,05	1,50E-04	0,330
TOTAL	42117,29	0,0004546	1,000

Tabla 23. Normalización de un criterio cuantitativo.
(Fuente: Elaboración Propia)

Los pesos de las alternativas respecto al criterio Costes de Demolición (CE-4) son los siguientes:

C.Demolición	NORMALIZADO
Alternativa 1	0,28
Alternativa 2	0,28
Alternativa 3	0,11
Alternativa 4	0,33

Tabla 24. Peso de las alternativas respecto CE-4.
(Fuente: Elaboración Propia)

Como conclusión se obtiene que la Alternativa 3 (Hormigón) es la más cara, ya que es la que más pesa de todas por lo que el transporte de los residuos será más caro.



3.4.2. CRITERIOS AMBIENTALES

Son los criterios obtenidos a partir del Análisis del Ciclo de Vida Ambiental:

3.4.2.1. SALUD HUMANA

Es un criterio cuantitativo, ya que es un valor obtenido del software *OpenLCA*, por la tanto se debe de normalizar para ello seguimos el siguiente método:

Salud Humana	Cantidad (points)	1/Cantidad	Normalización
Alternativa 1	16,60	6,02E-02	0,244
Alternativa 2	19,69	5,08E-02	0,206
Alternativa 3	15,43525	6,48E-02	0,263
Alternativa 4	14,18	7,05E-02	0,286
TOTAL	65,90	0,2463573	1,000

Tabla 25. Normalización de un criterio cuantitativo.
(Fuente: Elaboración Propia)

Los pesos de las alternativas respecto al criterio Salud Humana (CA-1) son los siguientes:

Salud Humana	NORMALIZADO
Alternativa 1	0,24
Alternativa 2	0,21
Alternativa 3	0,26
Alternativa 4	0,29

Tabla 26. Peso de las alternativas respecto CA-1.
(Fuente: Elaboración Propia)

La mejor teniendo en cuenta este criterio es la Alternativa 4 (*Bowstring*).

3.4.2.2. ECOSISTEMAS

Es un criterio cuantitativo, ya que es un valor obtenido del software *OpenLCA*, por la tanto se debe de normalizar para ello seguimos el siguiente método:

Ecosistema	Cantidad (points)	1/Cantidad	Normalización
Alternativa 1	19,14	5,23E-02	0,188
Alternativa 2	11,71	8,54E-02	0,307
Alternativa 3	33,99904	2,94E-02	0,106
Alternativa 4	9,01	1,11E-01	0,399
TOTAL	73,86	0,2780094	1,000

Tabla 27. Normalización de un criterio cuantitativo.
(Fuente: Elaboración Propia)

Los pesos de las alternativas respecto al criterio Ecosistema (CA-2) son los siguientes:

Ecosistema	NORMALIZADO
Alternativa 1	0,19
Alternativa 2	0,31
Alternativa 3	0,11
Alternativa 4	0,40

Tabla 28. Peso de las alternativas respecto CA-2.
(Fuente: Elaboración Propia)

En este criterio influye mucho la cantidad de encofrado que haga falta por ello la peor solución es la de hormigón y las mejores son las Alternativas 2 y 4 porque no tienen pila intermedia.



3.4.2.3. RECURSOS

Es un criterio cuantitativo, ya que es un valor obtenido del software *OpenLCA*, por la tanto se debe de normalizar para ello seguimos el siguiente método:

Recursos	Cantidad (points)	1/Cantidad	Normalización
Alternativa 1	27,46	3,64E-02	0,227
Alternativa 2	32,77	3,05E-02	0,190
Alternativa 3	19,88425	5,03E-02	0,314
Alternativa 4	23,17	4,32E-02	0,269
TOTAL	103,29	0,1603716	1,000

Tabla 29. Normalización de un criterio cuantitativo.
(Fuente: Elaboración Propia)

Los pesos de las alternativas respecto al criterio Recursos (CA-3) son los siguientes:

Recursos	NORMALIZADO
Alternativa 1	0,23
Alternativa 2	0,19
Alternativa 3	0,31
Alternativa 4	0,27

Tabla 30. Peso de las alternativas respecto CA-3.
(Fuente: Elaboración Propia)

En este caso la mejor teniendo en cuenta este criterio es la Alternativa 3 (Hormigón).

3.4.3. CRITERIOS SOCIALES DEL ACV-S

Para obtener la ponderación de las alternativas según los criterios sociales del ACV-S, es decir los obtenidos por el software *OpenLCA*, es necesario agrupar los criterios en los 5 *stakeholders*. Para ello es necesario seguir los siguientes pasos

- **Paso 1:** Hacer una ponderación de los criterios que forman parte de cada uno de los *stakeholders*, mediante una matriz de comparación pareada.
- **Paso 2:** La normalización de los diferentes valores obtenidos por el *OpenLCA*.
- **Paso 3:** Obtención de los pesos de cada alternativa según cada uno de los criterios.

3.4.3.1. ACTORES DE LA CADENA DE MANDO

En la siguiente tabla se podrán observar cual han sido los criterios del *OpenLCA* que forman parte del *stakeholder*; Actores de la cadena de mando (CS1-1)

STAKEHOLDER	Criterios OpenLCA
VALUE CHAIN ACTORS	Anti-competitive behaviour and monopoly legislation
	Corruption

Tabla 31. Criterios que forman el Stakeholder.
(Fuente: Elaboración Propia).



Como se puede observar en la Tabla 31 dentro de este *stakeholder* se tiene en cuenta criterios relacionados con la competencia inadecuada ya que incumbe criterios como *Corruption* y *Anti-competitive*.

Con el objetivo de orden y limpieza del trabajo en la siguiente tabla se mostrará directamente el peso de las distintas alternativas según el criterio CS1-1. Todo el procedimiento para llegar a estos pesos se puede ver en el apartado 5.1. ACTORES DE LA CADENA DE MANDO

Actores de la cadena de mando	NORMALIZADO
Alternativa 1	0,26
Alternativa 2	0,22
Alternativa 3	0,19
Alternativa 4	0,32

Tabla 32. Peso de las alternativas respecto CS1-1.
(Fuente: Elaboración Propia)

3.4.3.2. CONSUMIDORES

En la siguiente tabla se podrán observar cual han sido los criterios del *OpenLCA* que forman parte del *stakeholder*; Consumidores (CS1-2)

STAKEHOLDER	Criterios OpenLCA
CONSUMERS	Certified environmental management system
	Drinking water coverage
	Pollution

Tabla 33. Criterios que forman el Stakeholder.
(Fuente: Elaboración Propia)

Como se puede observar en la Tabla 33 dentro de este *stakeholder* se tiene en cuenta criterios relacionados con los efectos que provoca la estructura en los consumidores y el entorno, ya que incumbe criterios como *Pollution*.

Con el objetivo de orden y limpieza del trabajo en la siguiente tabla se mostrará directamente el peso de las distintas alternativas según el criterio CS1-2. Todo el procedimiento para llegar a estos pesos se puede ver en el apartado 5.2. CONSUMIDORES

CONSUMIDORES	NORMALIZADO
Alternativa 1	0,25
Alternativa 2	0,20
Alternativa 3	0,24
Alternativa 4	0,30

Tabla 34. Peso de las alternativas respecto CS1-2. (Fuente: Propia)

3.4.3.3. SOCIEDAD

En la siguiente tabla se podrán observar cual han sido los criterios del *OpenLCA* que forman parte del *stakeholder*; Sociedad (CS1-3)

STAKEHOLDER	Criterios OpenLCA
SOCIETY	Association and bargaining rights
	Education
	Health expenditure
	Illiteracy
	Social security expenditures
	Trade unionism
	Trafficking in persons
	Unemployment
	Youth illiteracy

Tabla 35. Criterios que forman el Stakeholder.
(Fuente: Elaboración Propia)



Como se puede observar en la Tabla 35 dentro de este *stakeholder* se tiene en cuenta criterios relacionados con la educación y la igualdad de la sociedad, ya que incumbe criterios como *Education* y *Trafficking in persons*.

Con el objetivo de orden y limpieza del trabajo en la siguiente tabla se mostrará directamente el peso de las distintas alternativas según el criterio CS1-3. Todo el procedimiento para llegar a estos pesos se puede ver en el apartado 5.3. SOCIEDAD

SOCIEDAD	NORMALIZADO
Alternativa 1	0,25
Alternativa 2	0,20
Alternativa 3	0,25
Alternativa 4	0,30

Tabla 36. Peso de las alternativas respecto CS1-3.
(Fuente: Elaboración Propia)

3.4.3.4. TRABAJADORES

En la siguiente tabla se podrán observar cual han sido los criterios del *OpenLCA* que forman parte del *stakeholder*; Trabajadores (CS1-4).

Como se puede observar en la Tabla 37 dentro de este *stakeholder* se tiene en cuenta un criterio muy importante que es la seguridad y salud de los trabajadores durante todo el ciclo de vida de la estructura, ya que se tienen en cuenta criterios referidos a la accidentalidad como son *Fatal accidents* y *Non-Fatal accidents* y a las medidas de seguridad como el criterio *Safety measures*. Además, también se tienen en cuenta criterios sobre los

derechos de los trabajadores como pueden ser *Fair Salary* y *Wender wage gap*.

STAKEHOLDER	Criterios OpenLCA
WORKERS	Child Labour, female
	Child Labour, male
	Child Labour, total
	Fair Salary
	Fatal accidents
	Frequency of forced labour
	Gender wage gap
	Goods produced by forced labour
	Non-fatal accidents
	Safety measures
	Violations of employment laws and regulations
	Weekly hours of work per employee
	Workers affected by natural disasters

Tabla 37. Criterios que forman el Stakeholder.
(Fuente: Elaboración Propia)

Con el objetivo de orden y limpieza del trabajo en la siguiente tabla se mostrará directamente el peso de las distintas alternativas según el criterio CS1-4. Todo el procedimiento para llegar a estos pesos se puede ver en el apartado 5.4. TRABAJADORES

TRABAJADORES	NORMALIZADO
Alternativa 1	0,25
Alternativa 2	0,21
Alternativa 3	0,24
Alternativa 4	0,30

Tabla 38. Peso de las alternativas respecto CS1-4.
(Fuente: Elaboración Propia)



3.4.3.5. COMUNIDAD LOCAL

En la siguiente tabla se podrán observar cual han sido los criterios del *OpenLCA* que forman parte del *stakeholder*; Comunidad Local (CS1-5)

STAKEHOLDER	Criterios OpenLCA
LOCAL COMMUNITY	Biomass consumption
	DALYs due to indoor and outdoor air and water pollution
	Fossil fuel consumption
	Indigenous rights
	Industrial water depletion
	International migrant stock
	International migrant workers (in the sector/ site)
	Minerals consumption
	Net migration
Sanitation coverage	

Tabla 39. Criterios que forman el Stakeholder.
(Fuente: Elaboración Propia)

Como se puede observar en la Tabla 39 dentro de este *stakeholder* se tiene en cuenta criterios relacionados con los recursos humanos y materiales próximos a la zona de actuación, ya que se tienen en cuenta criterios como *International migrant* y *Fossil fuel rights*..

Con el objetivo de orden y limpieza del trabajo en la siguiente tabla se mostrará directamente el peso de las distintas alternativas según el criterio CS1-5. Todo el procedimiento para llegar a estos pesos se puede ver en el apartado 5.5. COMUNIDAD LOCAL

COMUNIDAD LOCAL	NORMALIZADO
Alternativa 1	0,25
Alternativa 2	0,22
Alternativa 3	0,22
Alternativa 4	0,31

Tabla 40. Peso de las alternativas respecto CS1-5.
(Fuente: Elaboración Propia)

3.4.4. CRITERIOS SOCIALES PROPIOS

Para obtener la ponderación de las alternativas según los criterios sociales propios si son criterios cualitativos es necesario aplicar la matriz de comparación pareada, si son cuantitativas se seguirá el procedimiento de normalización.

3.4.4.1. ESTÉTICA

Las prioridades correspondientes a cada alternativa según el criterio Estética (SC2-1) son las que podemos ver en la siguiente tabla:

ESTÉTICA	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	Alternativa 4
Alternativa 1	1	7	5	1
Alternativa 2	0,143	1	0,333	0,143
Alternativa 3	0,200	3	1	0,200
Alternativa 4	1	7	5	1

Tabla 41. Matriz de comparación de alternativas con CS2-1.
(Fuente: Elaboración Propia).



En este caso la Alternativa 1 (*Warren* en arco) y la Alternativa 4 (*Bowstring*) son las que mejor valoración tienen debido a que son alternativas de tipo arco, por lo cual no son tan comunes como las otras. La Alternativa 2 (*Warren*) es la que tiene menor valoración porque tiene una estética muy industrial. Por último, la Alternativa 3 (Hormigón) tiene una valoración intermedia porque está construida en hormigón cosa que es muy común pero con la ondulación de las vigas se consigue una mejor estética.

Los pesos de las alternativas respecto al criterio Estética (CS2-1) son los siguientes:

ESTÉTICA	PESO
Alternativa 1	0,424
Alternativa 2	0,050
Alternativa 3	0,103
Alternativa 4	0,424

Tabla 42. Peso de las alternativas respecto CS2-1.
(Fuente: Elaboración Propia)

En cuanto al análisis de consistencia, la ratio de inconsistencia es de $0.028 < 0,09$, por lo que cumple la condición de consistencia para matrices 4x4.

RI(4)=	0,882
CI=	0,0244
CR=	0,028
CR < 0,09	

Tabla 43. Consistencia de la matriz de comparación.
(Fuente: Elaboración Propia).

3.4.4.2. ACCESIBILIDAD

Las prioridades correspondientes a cada alternativa según el criterio Accesibilidad (SC2-2) son las que podemos ver en la siguiente tabla:

ACCESIBILIDAD	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	Alternativa 4
Alternativa 1	1	1	1	1
Alternativa 2	1	1	1	1
Alternativa 3	1	1	1	1
Alternativa 4	1	1	1	1

Tabla 44. Matriz de comparación de alternativas con CS2-2.
(Fuente: Elaboración Propia)

Como los accesos y la anchura de los tableros de las distintas alternativas son los mismo se considera que todas las alternativas tienen el mismo valor.

Los pesos de las alternativas respecto al criterio Accesibilidad (CS2-2) son los siguientes:

ACCESIBILIDAD	PESO
Alternativa 1	0,250
Alternativa 2	0,250
Alternativa 3	0,250
Alternativa 4	0,250

Tabla 45. Peso de las alternativas respecto CS2-2.
(Fuente: Elaboración Propia)

En cuanto al análisis de consistencia, el ratio de inconsistencia es de $0 < 0,09$, por lo que cumple la condición de consistencia para matrices 4x4.



RI(4)=	0,882
CI=	0,0000
CR=	0,000
CR < 0,09	

Tabla 46. Consistencia de la matriz de comparación.
(Fuente: Elaboración Propia).

3.4.4.3. INTEGRACIÓN AL ENTORNO

Las prioridades correspondientes a cada alternativa según el criterio Integración (SC2-3) son las que podemos ver en la siguiente tabla:

INTEGRACIÓN CON EL ENTORNO	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	Alternativa 4
Alternativa 1	1	7	0,333	1
Alternativa 2	0,143	1	0,200	0,200
Alternativa 3	3,000	5	1	3
Alternativa 4	1,000	5	0,333	1

Tabla 47. Matriz de comparación de alternativas con CS2-3.
(Fuente: Elaboración Propia)

En este caso la mejor alternativa es la Alternativa 3 (Hormigón) porque es una tipología más común en la zona por lo que pasa desapercibida. La Alternativa 2 (Warren) es la que menor puntuación tiene por su carácter industrial, poco integrado en la zona costera de Pinedo. Por último, las Alternativa 1 (Warren en arco) y Alternativa 4 (*Bowstring*) tienen una valoración intermedia porque son tipologías de gran dimensión que resaltan mucho en el entorno.

Los pesos de las alternativas respecto al criterio Integración al entorno (CS2-3) son los siguientes:

INTEGRACIÓN CON EL ENTORNO	PESO
Alternativa 1	0,236
Alternativa 2	0,052
Alternativa 3	0,495
Alternativa 4	0,217

Tabla 48. Peso de las alternativas respecto CS2-3.
(Fuente: Elaboración Propia)

En cuanto al análisis de consistencia, el ratio de inconsistencia es de $0.072 < 0,09$, por lo que cumple la condición de consistencia para matrices 4x4.

RI(4)=	0,882
CI=	0,0720
CR=	0,082
CR < 0,09	

Tabla 49. Consistencia de la matriz de comparación.
(Fuente: Elaboración Propia).



3.4.4.4. SEGURIDAD

Las prioridades correspondientes a cada alternativa según el criterio Seguridad (SC2-4) son las que podemos ver en la siguiente tabla:

SEGURIDAD	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	Alternativa 4
Alternativa 1	1	1	1	1
Alternativa 2	1	1	1	1
Alternativa 3	1	1	1	1
Alternativa 4	1	1	1	1

Tabla 50: Matriz de comparación de alternativas con CS2-4.
(Fuente: Elaboración Propia)

Como la separación entre los ciclistas y los peatones de las distintas alternativas son la misma se considera que todas las alternativas tienen el mismo valor.

Los pesos de las alternativas respecto al criterio Seguridad (CS2-4) son los siguientes:

SEGURIDAD	PESO
Alternativa 1	0,250
Alternativa 2	0,250
Alternativa 3	0,250
Alternativa 4	0,250

Tabla 51: Peso de las alternativas respecto CS2-4. (Fuente: Propia)

En cuanto al análisis de consistencia, el ratio de inconsistencia es de $0 < 0,09$, por lo que cumple la condición de consistencia para matrices 4x4.

RI(4)=	0,882
CI=	0,0000
CR=	0,000
CR < 0,09	

Tabla 52. Consistencia de la matriz de comparación.
(Fuente: Elaboración Propia).

3.4.4.5. DURABILIDAD

Las prioridades correspondientes a cada alternativa según el criterio Durabilidad (SC2-5) son las que podemos ver en la siguiente tabla:

DURABILIDAD	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	Alternativa 4
Alternativa 1	1	3	0,333	0,333
Alternativa 2	0,333	1	0,200	0,333
Alternativa 3	3	5	1	3
Alternativa 4	3	3	0,333	1

Tabla 53. Matriz de comparación de alternativas con CS2-5.
(Fuente: Elaboración Propia)

En este caso la mejor alternativa es la Alternativa 3 (Hormigón) porque está construida en hormigón que es un material que aguanta mejor frente a agentes atmosféricos que el acero estructural. La Alternativa 2 (Warren) es la que menor puntuación tiene porque es la alternativa de más superficie expuesta. Por último, las Alternativa 1 (Warren en arco) y Alternativa 4 (Bowstring) tienen una valoración intermedia que también depende de la superficie que está expuesta.



Los pesos de las alternativas respecto al criterio Durabilidad (CS2-5) son los siguientes:

DURABILIDAD	PESO
Alternativa 1	0,150
Alternativa 2	0,076
Alternativa 3	0,513
Alternativa 4	0,261

Tabla 54. Peso de las alternativas respecto CS2-5.
(Fuente: Elaboración Propia)

En cuanto al análisis de consistencia, el ratio de inconsistencia es de $0.075 < 0,09$, por lo que cumple la condición de consistencia para matrices 4x4.

RI(4)=	0,882
CI=	0,0658
CR=	0,075
CR < 0,09	

Tabla 55. Consistencia de la matriz de comparación.
(Fuente: Elaboración Propia).

3.4.4.6. INTERRUPCIÓN DE TRÁFICO

Es un criterio cuantitativo, ya que es un valor obtenido a partir de suposiciones de montaje de la pasarela, por lo tanto se debe de normalizar para ello seguimos el siguiente método:

Interrupción Tráfico	Cantidad (horas)	1/cantidad	Normalizado
Alternativa 1	16	0,0625	0,185
Alternativa 2	8	0,125	0,370
Alternativa 3	40	0,025	0,074
Alternativa 4	8	0,125	0,370
TOTAL	72	0,3375	1

Tabla 56. Normalización de un criterio cuantitativo.
(Fuente: Elaboración Propia)

Se considera que las alternativas con una pila intermedia interrumpirán el tráfico durante 16 horas (8 horas para encofrar y otras 8 para desencofrar). La Alternativa 3 (Hormigón) se considera que es la que más interrumpirá el tráfico por la necesidad de utilizar cimbras y del encofrado hormigón el cual tendrá un aditivo acelerante para que fragüe más rápido. La Alternativa 1 (Warren en arco) y la Alternativa 4 (*Bowstring*) interrumpirán el tráfico durante 8 horas, tiempo estimado de colocación de la pasarela.

Los pesos de las alternativas respecto al criterio Interrupción (CS2-6) son los siguientes:

Interrupción Tráfico	Normalizado
Alternativa 1	0,185
Alternativa 2	0,370
Alternativa 3	0,074
Alternativa 4	0,370

Tabla 57. Peso de las alternativas respecto CS2-6. (Elaboración Propia)



3.4.5. RESUMEN PONDERACIÓN ALTERNATIVAS

En este apartado se muestra una tabla con los pesos de cada alternativa según cada criterio (véase Tabla 58). Dichos pesos se utilizarán en el apartado de idoneidad de la solución.

Criterio	Subcriterio	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	Alternativa 4
ECONÓMICO	C. Producción	0,197	0,166	0,397	0,241
	C. Construcción	0,214	0,206	0,285	0,295
	C. Mantenimiento	0,265	0,263	0,205	0,267
	C. Demolición	0,281	0,277	0,112	0,330
AMBIENTAL	Salud Humana	0,244	0,206	0,263	0,286
	Ecosistema	0,188	0,307	0,106	0,399
	Recursos	0,227	0,190	0,314	0,269
SOCIAL	Actores de la cadena de mando	0,259	0,223	0,194	0,325
	Consumidores	0,250	0,205	0,244	0,301
	Sociedad	0,252	0,202	0,247	0,299
	Trabajadores	0,251	0,206	0,239	0,303
	Comunidad Local	0,220	0,189	0,195	0,270
	Estética	0,424	0,050	0,103	0,424
	Accesibilidad	0,250	0,250	0,250	0,250
	Integración al entorno	0,236	0,052	0,495	0,217
	Separación peatones-bicicletas	0,250	0,250	0,250	0,250
	Durabilidad	0,150	0,076	0,513	0,261
	Horas de interrupción de tráfico	0,185	0,370	0,074	0,370

Tabla 58. Resumen de la ponderación de alternativas.
(Fuente: Elaboración Propia)

4. IDONEIDAD DE LA SOLUCIÓN

En este apartado se calcula la idoneidad de la solución, para ello es necesario los pesos de todos los criterios (véase Tabla 16) y la ponderación de cada una de las alternativas según cada uno de los criterios (véase Tabla 58).

Una vez se tiene todo ello se multiplica la matriz traspuesta de la Tabla 58 por el vector de pesos obtenido en la Tabla 16 gracias a la comparación por pares y a la normalización.

Tras haber realizado esta operación se obtiene las puntuaciones globales de cada alternativa según el análisis multicriterio AHP:

	Total	ECONÓMICO (60%)	AMBIENTAL (20%)	SOCIAL (20%)
Alternativa 1	0,231	0,230	0,218	0,251
Alternativa 2	0,213	0,215	0,228	0,191
Alternativa 3	0,267	0,285	0,234	0,244
Alternativa 4	0,285	0,270	0,310	0,306

Tabla 59. Puntuaciones finales de las alternativas.
(Fuente: Elaboración Propia)

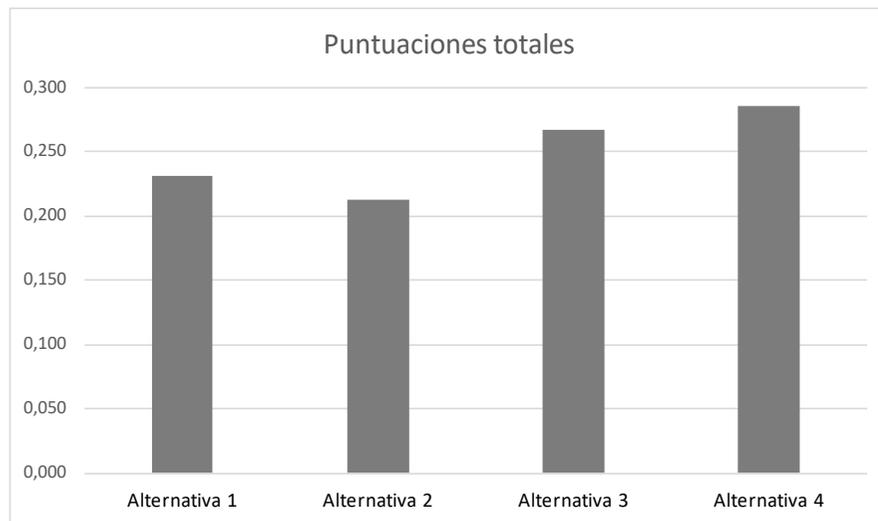
Para poder interpretar de mejor manera la tabla anterior se disponen de una serie de diagramas en los que se podrán observar:

- En primer lugar, la puntuación total de cada alternativa teniendo en cuenta todos los pilares de la sostenibilidad.
- En segundo lugar, la puntuación total de cada alternativa teniendo en cuenta únicamente el pilar económico.



- En tercer lugar, la puntuación total de cada alternativa teniendo en cuenta únicamente el pilar ambiental.
- En cuarto lugar, la puntuación total de cada alternativa teniendo en cuenta únicamente el pilar social.
- Por último, un resumen de la puntuación de cada alternativa según cada pilar de la sostenibilidad.

En el siguiente diagrama se puede contemplar la puntuación total de cada alternativa teniendo en cuenta todos los pilares de la sostenibilidad.

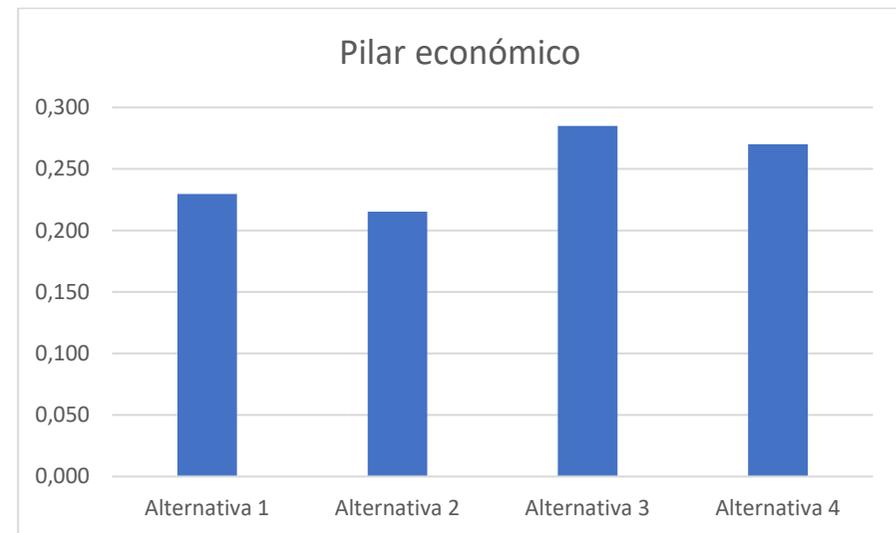


*Diagrama 7. Puntuaciones totales por alternativa.
(Fuente: Elaboración Propia)*

Recaltar que como ya se ha dicho anteriormente la alternativa con más puntuación quiere decir que es la más idónea y viceversa.

Por lo tanto, como se puede observar en el Diagrama 7 la mejor alternativa es la Alternativa 4, es decir, la alternativa del *Bowstring*. Seguida de la Alternativa 3 la de hormigón y después la Alternativa 1 el Warren en arco. Por otro lado, la Alternativa 2, el Warren es la peor alternativa de todas puesto que tiene la puntuación más baja.

En el siguiente diagrama se puede contemplar la puntuación total de cada alternativa teniendo en cuenta únicamente el **pilar económico**.



*Diagrama 8. Puntuación del pilar económico de cada alternativa.
(Fuente: Elaboración propia)*

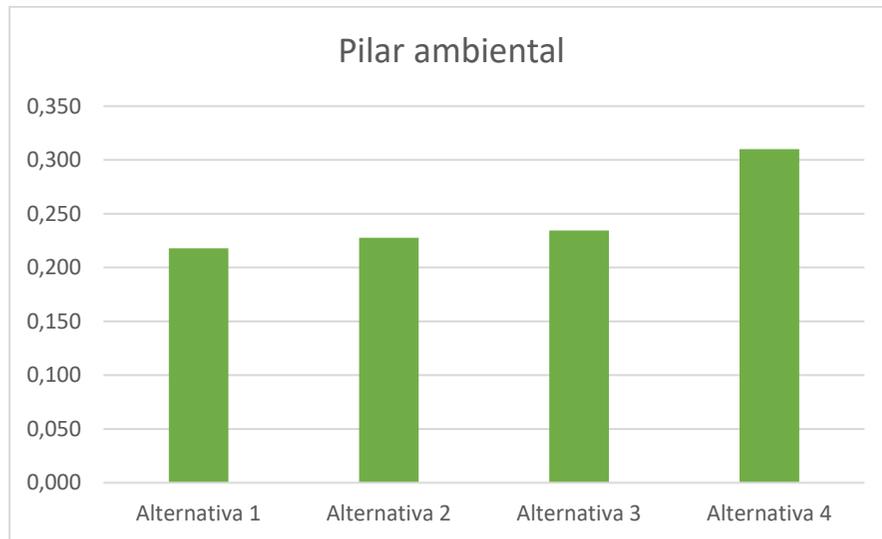
En el aspecto económico se puede decir viendo el Diagrama 8 que la mejor solución es la Alternativa 3 (*Hormigón*) seguida de la Alternativa 4 (*Bowstring*). Por otro lado, la Alternativa 2 (*Warren*) es la peor alternativa de todas puesto que tiene la puntuación más baja, ya que necesita de



mucho acero y de muchas soldaduras, cosa que la Alternativa 1 (Warren en arco) no necesita tanto.

Se puede concluir que las soluciones con hormigón in-situ en general son más baratas, pero se deben de tener en cuenta las fases de mantenimiento y demolición ya que estas fases son más costosas en la solución de hormigón que en las de acero estructural.

En el siguiente diagrama se puede contemplar la puntuación total de cada alternativa teniendo en cuenta únicamente el **pilar ambiental**.



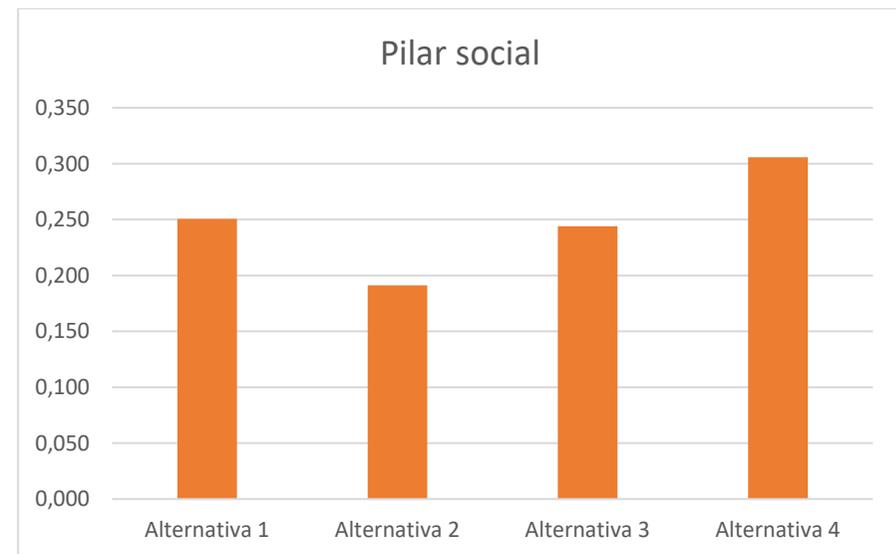
*Diagrama 9. Puntuación del pilar ambiental de cada alternativa.
(Fuente: Elaboración propia)*

En el aspecto ambiental se puede decir viendo el Diagrama 9 que la mejor solución obviamente es la Alternativa 4 (*Bowstring*). Dado que las demás alternativas tienen valores similares por debajo de la Alternativa 4. En este

caso la Alternativa 1 (Warren en arco) es la peor alternativa seguida de la Alternativa 2 (Warren) y de la Alternativa 3 (Hormigón) puesto que tienen puntuaciones algo superiores a la Alternativa 1 (Warren en arco).

Se puede concluir que las alternativas que están divididas por una pila intermedia, es decir, la Alternativa 1 y 3 provoca que tengan valores muy bajos. Por otro lado, la Alternativa 2 está muy próxima a esas alternativas, porque necesita de mucha cantidad de acero. Y por último la Alternativa 4 es la más idónea porque tiene poca cantidad de acero.

En el siguiente diagrama se puede contemplar la puntuación total de cada alternativa teniendo en cuenta únicamente el **pilar social**.



*Diagrama 10. Puntuación del pilar social de cada alternativa.
(Fuente: Elaboración propia)*



En el aspecto social se puede decir viendo el Diagrama 10 que la mejor solución es la Alternativa 4 (*Bowstring*) seguida de la Alternativa 1 (Warren en arco). Por otro lado, la Alternativa 2 (Warren) es la peor alternativa de todas puesto que tiene la puntuación más baja, ya que necesita de mucho acero y de muchas soldaduras, cosa que la Alternativa 3 (Hormigón) no necesita tanto material.

Se puede concluir que la Alternativa 2 es la peor porque necesita de mucha cantidad de acero. Por otro lado, las alternativas que están divididas por una pila intermedia, es decir, la Alternativa 1 y 3 tienen un valor similar, siendo algo mejor la alternativa de acero. Y por último la Alternativa 4 es la más idónea porque tiene poca cantidad de acero.

Por último, en el siguiente diagrama se contempla la puntuación de cada alternativa según **los tres pilares de la sostenibilidad** (véase Diagrama 11). De este diagrama se deduce que teniendo en cuenta a los aspectos ambientales y sociales a lo largo de todo el ciclo de vida de la estructura se puede concluir que generalmente dependen en gran medida del tipo de estructura, de la cantidad de material que se necesite y del tipo de material que se utilice.

En vista de que, aunque las soluciones con hormigón in-situ son en un principio más baratas, si se tienen en cuenta aspectos económicos, ambientales y sociales a lo largo de todo el ciclo de vida de la estructura no son la mejor opción, ya que pueden producir más impactos que las soluciones de acero estructural. Como ya se ha dicho anteriormente a mayor puntuación mejor es la alternativa y viceversa, es decir que un valor muy elevado del criterio ambiental o social significa que causa un impacto menor.

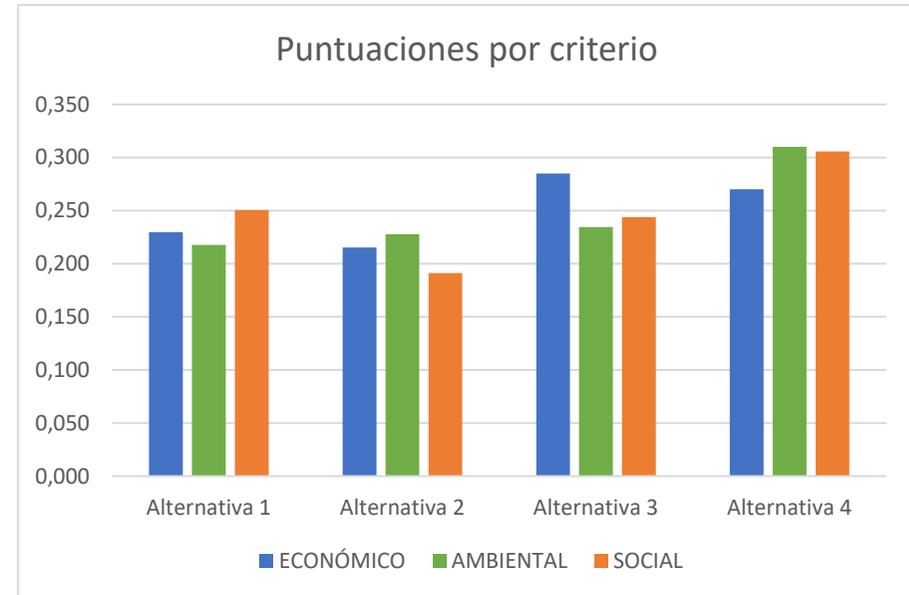


Diagrama 11. Puntuación por pilar de cada alternativa.
(Fuente: Elaboración propia)

Con todo ello se concluye que la alternativa escogida es la **Alternativa 4 (*Bowstring*)**, ya que es la alternativa con los menores impactos ambientales y sociales. Además, de ser la segunda alternativa con el menor coste únicamente por detrás de la Alternativa 3 (Hormigón).

Adicionalmente y fuera de los datos obtenidos a lo largo de la aplicación del método AHP, la Alternativa 4 también cumple con el objetivo de conseguir un diseño de una pasarela diferenciadora y de referencia de toda la zona sur de la provincia de Valencia, ya que es la única pasarela de tipología arco-atirantado de Pinedo. Se busca esta diferenciación porque va a estar ubicada en una zona próxima a la ciudad de Valencia y será vista y utilizada por una gran cantidad de población.

Si comparamos las posibilidades de un puente *Bowstring* con las pasarelas de vigas prefabricadas se obtiene una mayor eficiencia estructural que deriva en su reducido peso y transparencia. Esto es debido a que su canto efectivo es igual a la flecha del arco que se mueve entre 1/6 y 1/10 de la luz, lo cual es del orden 3 o 4 veces superior al canto del puente viga equivalente (Arenas de Pablo J.J., 2015).

En la Figura 1 se puede observar una perspectiva general de la solución escogida. En caso de querer obtener más información sobre dicha solución consultar el apartado 6.1.3 del **ANEJO Nº1. DEFINICIÓN DE LAS ALTERNATIVAS**

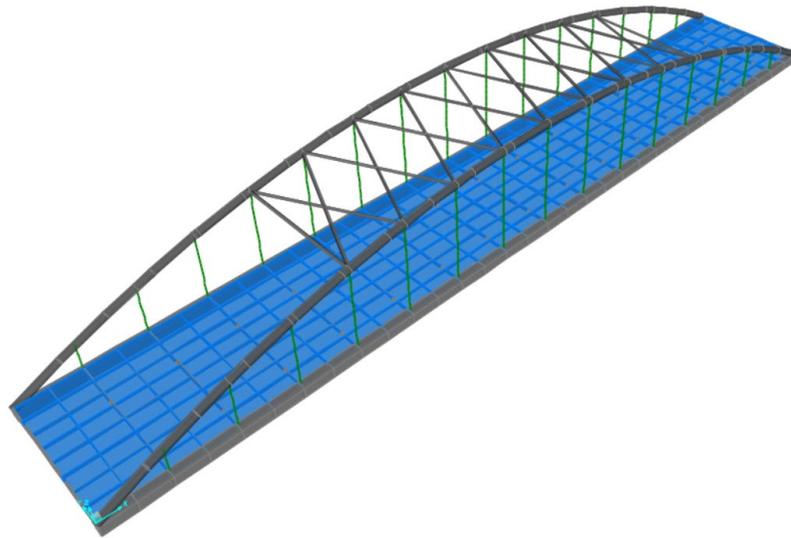


Figura 1. Perspectiva general de la pasarela tipo arco (*bowstring*). Dimensiones principales: 40 metros de largo, 5,86 metros de ancho. (Fuente: elaboración propia en SAP2000).

5. CALCULOS AGRUPACIÓN DE CRITERIOS SOCIALES

Este es un apartado donde se pueden observar todos los cálculos para obtener la ponderación de las alternativas según los criterios sociales del ACV-S, es decir los obtenidos por el software *OpenLCA*, para ello es necesario agrupar todos los criterios del *OpenLCA* en 5 *stakeholders*. A diferencia de los criterios obtenidos por el ACV-A los cuales únicamente se normalizaban en este caso se siguen los siguientes pasos:

- **Paso 1:** Hacer una ponderación de los criterios que forman parte de cada uno de los *stakeholders*, mediante una matriz de comparación pareada ya que para los criterios sociales no existe todavía ningún factor de normalización y ponderación como era el caso de los criterios ambientales agregados apartado 5.3.1 del **ANEJO Nº2 ANÁLISIS DEL CICLO DE VIDA.**
- **Paso 2:** La normalización de los diferentes valores obtenidos por el *OpenLCA*
- **Paso 3:** Obtención de los pesos de cada alternativa según cada uno de los criterios

En la siguiente tabla se pueden observar todos los criterios que proporciona el *OpenLCA* con sus respectivos códigos y también se puede observar la agrupación de estos criterios en *stakeholder* (véase Tabla 60).



STAKEHOLDER	Códigos	Criterios OpenLCA
TRABAJADORES	-	Child Labour, female
	-	Child Labour, male
	CS3-1	Child Labour, total
	CS3-2	Fair Salary
	CS3-3	Fatal accidents
	CS3-4	Frequency of forced labour
	CS3-5	Gender wage gap
	CS3-6	Goods produced by forced labour
	CS3-7	Non-fatal accidents
	CS3-8	Safety measures
	CS3-9	Violations of employment laws and regulations
SOCIEDAD	CS3-10	Weekly hours of work per employee
	CS3-11	Workers affected by natural disasters
	CS3-12	Association and bargaining rights
	CS3-13	Education
	CS3-14	Health expenditure
	CS3-15	Illiteracy
	CS3-16	Social security expenditures
	CS3-17	Trade unionism
	CS3-18	Trafficking in persons
	CS3-19	Unemployment
COMUNIDAD LOCAL	CS3-20	Youth illiteracy
	CS3-21	Biomass consumption
	CS3-22	DALYs due to indoor and outdoor air and water pollution
	CS3-23	Fossil fuel consumption
	-	Indigenous rights
	CS3-24	Industrial water depletion
	CS3-25	International migrant stock
	CS3-26	International migrant workers (in the sector/ site)
	CS3-27	Minerals consumption
	CS3-28	Net migration
CONSUMIDORES	CS3-29	Sanitation coverage
	CS3-30	Certified environmental management system
	CS3-31	Drinking water coverage
ACTORES DE LA CADENA DE MANDO	CS3-32	Pollution
	CS3-33	Anti-competitive behaviour and monopoly legislation
	CS3-34	Corruption

Tabla 60. Agrupación de criterios sociales. (Fuente: Elaboración Propia)

5.1. ACTORES DE LA CADENA DE MANDO

Este *stakeholder* está formado por 2 criterios cuyas prioridades correspondientes son las que podemos ver en la siguiente tabla:

Actores de la cadena de mando	CS3-33	CS3-34	Prioridad
CS3-33	1	1	0,5
CS3-34	1	1	0,5

Tabla 61. Matriz de comparación del stakeholder. (Fuente: Elaboración Propia)

Se considera que ambos criterios tienen la misma importancia porque los dos tienen consecuencias de pérdida de dinero para la sociedad.

En este caso no es necesario realizar un análisis de consistencia al ser una matriz 2x2. Este *stakeholder* está formado por 2 criterios cuantitativos, ya que son valores obtenidos del software *OpenLCA*, por lo tanto se debe de normalizar. Para ello normalizamos los criterios mediante el siguiente método:

Actores de la cadena de mando	Anti-competitive behaviour or violation of anti-trust and monopoly legislation (CS3-33)		
	Cantidad	1/Cantidad	NORMALIZADO
Alternativa 1	106,76	0,0094	0,26
Alternativa 2	119,10	0,0084	0,23
Alternativa 3	167,63	0,0060	0,17
Alternativa 4	81,81	0,0122	0,34

Tabla 62. Normalización de un criterio cuantitativo. (Fuente: Elaboración Propia)



CORRUPTION (CS3-34)			
Actores de la cadena de mando	Cantidad	1/Cantidad	NORMALIZADO
Alternativa 1	2511,87	0,00040	0,26
Alternativa 2	3050,17	0,00033	0,21
Alternativa 3	2898,81	0,00034	0,22
Alternativa 4	2087,40	0,00048	0,31

Tabla 63. Normalización de un criterio cuantitativo.
(Fuente: Elaboración Propia)

Una vez se tiene los pesos de todos los criterios y la ponderación de cada una de las alternativas según cada uno de los criterios, se multiplica la matriz formada por la ponderación de las alternativas por el vector de pesos obtenido gracias a la comparación por pares. Con lo que se obtiene los pesos finales de cada alternativa según el *stakeholder* (véase Tabla 32).

5.2. CONSUMIDORES

Este *stakeholder* está formado por 3 criterios cuyas prioridades correspondientes son las que podemos ver en la siguiente tabla:

Consumidores	CS3-30	CS3-31	CS3-32	Prioridad
CS3-30	1	1	0,2	0,16
CS3-31	1	1	0,33	0,19
CS3-32	5	3	1	0,66

Tabla 64. Matriz de comparación del stakeholder.
(Fuente: Elaboración Propia)

En este caso el criterio *Pollution* (CS3-32) es el más importante porque puede afectar a diversos factores: las personas, el medio ambiente y la zona sumamente protegida de L'Albufera. Por otro lado, se la da mayor importancia *Drinking coverage water* (CS3-32) que el *Certified environmental managment* (CS3-31) porque el agua es una necesidad básica para toda la población. Remarcar igualmente la importancia de los certificados ambientales como: la Etiquetado Ecológico la Huella de carbono y la Huella hídrica.

En cuanto al análisis de consistencia, el ratio de inconsistencia es de $0.028 < 0.05$. Por lo que cumple la condición de consistencia para matrices 3×3 .

RI(3)=	0,525
CI=	0,0145
CR=	0,028
CR < 0,05	

Tabla 65. Consistencia de criterios del tercer nivel social.
(Fuente: Elaboración Propia).

Este *stakeholder* está formado por 3 criterios cuantitativos, ya que son valores obtenidos del software *OpenLCA*, por la tanto se debe de normalizar. Para ello normalizamos los criterios mediante el siguiente método:



Certified environmental management (CS3-30)			
Consumidores	Cantidad	1/Cantidad	NORMALIZADO
Alternativa 1	206,970	0,00483	0,249
Alternativa 2	234,655	0,00426	0,220
Alternativa 3	239,616	0,00417	0,215
Alternativa 4	163,840	0,00610	0,315

Tabla 66. Normalización de un criterio cuantitativo.
(Fuente: Elaboración Propia)

Pollution (CS3-32)			
Consumidores	Cantidad	1/Cantidad	NORMALIZADO
Alternativa 1	148,585	0,00673	0,251
Alternativa 2	184,439	0,00542	0,202
Alternativa 3	150,369	0,00665	0,248
Alternativa 4	124,955	0,00800	0,299

Tabla 68. Normalización de un criterio cuantitativo.
(Fuente: Elaboración Propia)

Drinking water coverage (CS3-31)			
Consumidores	Cantidad	1/Cantidad	NORMALIZADO
Alternativa 1	209,726	0,00477	0,247
Alternativa 2	256,705	0,00390	0,202
Alternativa 3	203,966	0,00490	0,254
Alternativa 4	174,814	0,00572	0,297

Tabla 67. Normalización de un criterio cuantitativo.
(Fuente: Elaboración Propia)

Una vez se tiene los pesos de todos los criterios y la ponderación de cada una de las alternativas según cada uno de los criterios, se multiplica la matriz formada por la ponderación de las alternativas por el vector de pesos obtenido gracias a la comparación por pares. Con lo que se obtiene los pesos finales de cada alternativa según el *stakeholder* (véase Tabla 34).



5.3. SOCIEDAD

Este *stakeholder* está formado por 9 criterios cuyas prioridades correspondientes son las que podemos ver en la siguiente tabla:

Sociedad	CS3-12	CS3-13	CS3-14	CS3-15	CS3-16	CS3-17	CS3-18	CS3-19	CS3-20	Prioridad
CS3-12	1	1	1	3	5	5	1	5	5	0,20
CS3-13	1	1	1	1	3	5	0,33	1	3	0,12
CS3-14	1	1	1	3	3	3	1	1	3	0,14
CS3-15	0,33	1	0,33	1	0,33	0,33	0,2	0,33	1	0,04
CS3-16	0,2	0,33	0,33	3	1	3	0,2	0,2	3	0,06
CS3-17	0,2	0,2	0,33	3	0,33	1	0,2	0,2	1	0,04
CS3-18	1	3	1	5	5	5	1	3	5	0,23
CS3-19	0,2	1	1	3	5	5	0,33	1	5	0,13
CS3-20	0,2	0,33	0,33	1	0,33	1	0,2	0,2	1	0,04

Tabla 69. Matriz de comparación del stakeholder.
(Fuente: Elaboración Propia)

En este caso los criterios *Trafiking in person* (CS3-18) y *Association and bargaining rights* (CS3-12) son los más importantes porque afectan de manera directa y drástica a las personas, sobretodo el primer criterio. Por otro lado está el grupo de criterios formado por *Education* (CS3-13), *Health expediture*(CS3-14) y *Unemployment* (CS3-19) que tienen una importancia intermedia porque no afectan de forma tan directa y drástica a la salud de la población. El último grupo está formado por los criterios que menos afectan a la salud de la población estos son *Illiteracy* (CS3-15), *Social security expeditures* (CS3-16), *Trade unionism* (CS3-17) y *Youth illiteracy* (CS3-20) este grupo tiene la menor importancia.

En cuanto al análisis de consistencia, el ratio de inconsistencia es de $0.086 < 0,1$. Por lo que cumple la condición de consistencia para matrices 9×9 .

RI(9)=	1,452
CI=	0,1254
CR=	0,086
CR<0,1	

Tabla 70. Consistencia de criterios del tercer nivel social.
(Fuente: Elaboración Propia).

Este *stakeholder* está formado por 9 criterios cuantitativos, ya que son valores obtenidos del software *OpenLCA*, por lo tanto se debe de normalizar. Para ello normalizamos los criterios mediante el siguiente método

Association and bargaining rights (CS3-12)			
Sociedad	Cantidad	1/Cantidad	NORMALIZADO
Alternativa 1	95,85	0,01	0,23
Alternativa 2	114,35	0,01	0,19
Alternativa 3	75,86	0,01	0,29
Alternativa 4	78,53	0,01	0,28

Tabla 71. Normalización de un criterio cuantitativo.
(Fuente: Elaboración Propia)

Education (CS3-13)			
Sociedad	Cantidad	1/Cantidad	NORMALIZADO
Alternativa 1	191,21	0,01	0,25
Alternativa 2	230,02	0,0043	0,21
Alternativa 3	207,43	0,0048	0,23
Alternativa 4	158,44	0,01	0,30

Tabla 72. Normalización de un criterio cuantitativo.
(Fuente: Elaboración Propia)



Health expenditure (CS3-14)			
Sociedad	Cantidad	1/Cantidad	NORMALIZADO
Alternativa 1	262,19	0,0038	0,25
Alternativa 2	322,27	0,0031	0,20
Alternativa 3	253,18	0,0039	0,26
Alternativa 4	219,30	0,0046	0,30

Tabla 73. Normalización de un criterio cuantitativo.
(Fuente: Elaboración Propia)

Trade unionism (CS3-17)			
Sociedad	Cantidad	1/Cantidad	NORMALIZADO
Alternativa 1	220,65	0,0045	0,25
Alternativa 2	265,10	0,0038	0,21
Alternativa 3	246,02	0,0041	0,23
Alternativa 4	182,78	0,0055	0,31

Tabla 76. Normalización de un criterio cuantitativo.
(Fuente: Elaboración Propia)

Illiteracy (CS3-15)			
Sociedad	Cantidad	1/Cantidad	NORMALIZADO
Alternativa 1	3402,80	0,00029	0,25
Alternativa 2	4202,34	0,00024	0,20
Alternativa 3	3327,53	0,00030	0,25
Alternativa 4	2854,63	0,00035	0,30

Tabla 74. Normalización de un criterio cuantitativo.
(Fuente: Elaboración Propia)

Trafficking in persons (CS3-18)			
Sociedad	Cantidad	1/Cantidad	NORMALIZADO
Alternativa 1	67,18	0,01	0,25
Alternativa 2	83,56	0,01	0,20
Alternativa 3	69,81	0,01	0,24
Alternativa 4	56,59	0,02	0,30

Tabla 77. Normalización de un criterio cuantitativo.
(Fuente: Elaboración Propia)

Social security expenditures (CS3-16)			
Sociedad	Cantidad	1/Cantidad	NORMALIZADO
Alternativa 1	182,08	0,01	0,25
Alternativa 2	223,54	0,0045	0,20
Alternativa 3	174,03	0,01	0,26
Alternativa 4	152,23	0,01	0,29

Tabla 75. Normalización de un criterio cuantitativo.
(Fuente: Elaboración Propia)

Unemployment (CS3-19)			
Sociedad	Cantidad	1/Cantidad	NORMALIZADO
Alternativa 1	54,17	0,02	0,29
Alternativa 2	75,82	0,01	0,21
Alternativa 3	87,17	0,01	0,18
Alternativa 4	48,32	0,02	0,32

Tabla 78. Normalización de un criterio cuantitativo.
(Fuente: Elaboración Propia)



Youth illiteracy (CS3-20)			
Sociedad	Cantidad	1/Cantidad	NORMALIZADO
Alternativa 1	570,56	0,0018	0,25
Alternativa 2	704,08	0,0014	0,20
Alternativa 3	554,39	0,0018	0,26
Alternativa 4	477,98	0,0021	0,30

Tabla 79. Normalización de un criterio cuantitativo.
(Fuente: Elaboración Propia)

Una vez se tiene los pesos de todos los criterios y la ponderación de cada una de las alternativas según cada uno de los criterios, se multiplica la matriz formada por la ponderación de las alternativas por el vector de pesos obtenido gracias a la comparación por pares. Con lo que se obtiene los pesos finales de cada alternativa según el *stakeholder* (véase Tabla 36).

5.4. TRABAJADORES

Este *stakeholder* está formado por 9 criterios cuyas prioridades correspondientes son las que podemos ver en la siguiente tabla:

Trabajadores	CS3-1	CS3-2	CS3-3	CS3-4	CS3-5	CS3-6	CS3-7	CS3-8	CS3-9	CS3-10	CS3-11	Prioridad
CS3-1	1	5	0,2	5	3	5	0,33	5	3	7	3	0,16
CS3-2	0,2	1	0,2	0,33	1	0,33	0,33	1	1	0,33	0,33	0,03
CS3-3	5	5	1	3	5	3	5	5	3	5	5	0,27
CS3-4	0,2	3	0,33	1	1	1	1	1	3	1	0,33	0,06
CS3-5	0,33	1	0,2	1	1	0,33	0,2	1	1	0,33	0,2	0,03
CS3-6	0,2	3	0,33	1	3	1	0,33	1	1	1	0,33	0,06
CS3-7	3	3	0,2	1	5	3	1	1	3	3	1	0,12
CS3-8	0,2	1	0,2	1	1	1	1	1	1	0,33	0,2	0,04
CS3-9	0,33	1	0,33	0,33	1	1	0,33	1	1	1	0,33	0,04
CS3-10	0,14	3	0,2	1	3	1	0,33	3	1	1	0,33	0,06
CS3-11	0,33	3	0,2	3	5	3	1	5	3	3	1	0,12

Tabla 80. Matriz de comparación del stakeholder. (Fuente: Propia)

En este caso el criterio más importante es *Fatal accidents* (CS3-3) porque tiene en cuenta el fallecimiento de los trabajadores. Con una importancia intermedia se encuentra el siguiente grupo *Child labor* (CS3-1), *Non-fatal accidents* (CS3-7), *Workers affected by natural disasters* (CS3-11) ya que tienen en cuenta un daño causado a los trabajadores. Con menos importancia, se encuentra el siguiente grupo *Goods produced by forced labour* (CS3-6), *Frequency of forced labour* (CS3-4), *Safety measures* (CS3-8) y *Violations of employments laws and regulations* (CS3-9) tienen menos importancia porque no afectan de manera tan directa a las personas, es decir hay un menor riesgo a que se produzca un daño. Por último, está el grupo menos importante que está formado por criterios que tienen que ver con el dinero que es menos importante que la salud de las personas, estos criterios son: *Fair salary* (CS3-2) y *Gender wage gap* (CS3-5).

En cuanto al análisis de consistencia, el ratio de inconsistencia es de $0.096 < 0,1$. Por lo que cumple la condición de consistencia para matrices 11×11 .

RI(11)=	1,51
CI=	0,1443
CR=	0,096
CR < 0,1	

Tabla 81. Consistencia de criterios del tercer nivel social. (Propia).

Este *stakeholder* está formado por 11 criterios cuantitativos, ya que son valores obtenidos del software *OpenLCA*, por lo tanto se debe de normalizar. Para ello normalizamos los criterios mediante el siguiente método:



Child Labour, total (CS3-1)			
Trabajadores	Cantidad	1/Cantidad	NORMALIZADO
Alternativa 1	238,03	0,0042	0,25
Alternativa 2	292,71	0,0034	0,20
Alternativa 3	227,29	0,0044	0,26
Alternativa 4	199,06	0,01	0,29

Tabla 82. Normalización de un criterio cuantitativo.
(Fuente: Elaboración Propia)

Fair Salary (CS3-2)			
Trabajadores	Cantidad	1/Cantidad	NORMALIZADO
Alternativa 1	192,12	0,01	0,25
Alternativa 2	233,89	0,004	0,20
Alternativa 3	189,17	0,01	0,25
Alternativa 4	160,27	0,01	0,30

Tabla 83. Normalización de un criterio cuantitativo.
(Fuente: Elaboración Propia)

Fatal accidents (CS3-3)			
Trabajadores	Cantidad	1/Cantidad	NORMALIZADO
Alternativa 1	977,99	0,0010	0,26
Alternativa 2	1221,41	0,0008	0,21
Alternativa 3	1181,67	0,0008	0,22
Alternativa 4	815,61	0,0012	0,31

Tabla 84. Normalización de un criterio cuantitativo.
(Fuente: Elaboración Propia)

Frequency of forced labour (CS3-4)			
Trabajadores	Cantidad	1/Cantidad	NORMALIZADO
Alternativa 1	60,71	0,02	0,25
Alternativa 2	74,35	0,01	0,20
Alternativa 3	61,50	0,02	0,25
Alternativa 4	50,74	0,02	0,30

Tabla 85. Normalización de un criterio cuantitativo.
(Fuente: Elaboración Propia)

Gender wage gap (CS3-5)			
Trabajadores	Cantidad	1/Cantidad	NORMALIZADO
Alternativa 1	41,39	0,02	0,25
Alternativa 2	43,91	0,02	0,24
Alternativa 3	58,87	0,02	0,18
Alternativa 4	32,35	0,03	0,33

Tabla 86. Normalización de un criterio cuantitativo.
(Fuente: Elaboración Propia)

Goods produced by forced labour (CS3-6)			
Trabajadores	Cantidad	1/Cantidad	NORMALIZADO
Alternativa 1	0,16	6,23	0,25
Alternativa 2	0,18	5,66	0,23
Alternativa 3	0,21	4,83	0,19
Alternativa 4	0,12	8,05	0,33

Tabla 87. Normalización de un criterio cuantitativo.
(Fuente: Elaboración Propia)



Non-fatal accidents (CS3-7)			
Trabajadores	Cantidad	1/Cantidad	NORMALIZADO
Alternativa 1	152,10	0,01	0,25
Alternativa 2	189,69	0,01	0,20
Alternativa 3	149,65	0,01	0,25
Alternativa 4	128,36	0,01	0,30

Tabla 88. Normalización de un criterio cuantitativo.
(Fuente: Elaboración Propia)

Weekly hours of work per employee (CS3-10)			
Trabajadores	Cantidad	1/Cantidad	NORMALIZADO
Alternativa 1	2,95	0,34	0,25
Alternativa 2	3,56	0,28	0,21
Alternativa 3	3,14	0,32	0,24
Alternativa 4	2,43	0,41	0,30

Tabla 91. Normalización de un criterio cuantitativo.
(Fuente: Elaboración Propia)

Safety measures (CS3-8)			
Trabajadores	Cantidad	1/Cantidad	NORMALIZADO
Alternativa 1	114,71	0,01	0,23
Alternativa 2	132,83	0,01	0,20
Alternativa 3	97,78	0,01	0,28
Alternativa 4	93,57	0,01	0,29

Tabla 89. Normalización de un criterio cuantitativo.
(Fuente: Elaboración Propia)

Workers affected by natural disasters (CS3-11)			
Trabajadores	Cantidad	1/Cantidad	NORMALIZADO
Alternativa 1	19,82	0,05	0,24
Alternativa 2	24,28	0,04	0,20
Alternativa 3	18,07	0,06	0,27
Alternativa 4	16,56	0,06	0,29

Tabla 92. Normalización de un criterio cuantitativo.
(Fuente: Elaboración Propia)

Violations of employment laws and regulations (CS3-9)			
Trabajadores	Cantidad	1/Cantidad	NORMALIZADO
Alternativa 1	30,11	0,03	0,26
Alternativa 2	37,96	0,03	0,20
Alternativa 3	32,27	0,03	0,24
Alternativa 4	25,42	0,04	0,30

Tabla 90. Normalización de un criterio cuantitativo.
(Fuente: Elaboración Propia)

Una vez se tiene los pesos de todos los criterios y la ponderación de cada una de las alternativas según cada uno de los criterios, se multiplica la matriz formada por la ponderación de las alternativas por el vector de pesos obtenido gracias a la comparación por pares. Con lo que se obtiene los pesos finales de cada alternativa según el *stakeholder* (véase Tabla 38).

5.5. COMUNIDAD LOCAL

Este *stakeholder* está formado por 9 criterios cuyas prioridades correspondientes son las que podemos ver en la siguiente tabla:



Comunidad Local	CS3-21	CS3-22	CS3-23	CS3-24	CS3-25	CS3-26	CS3-27	CS3-28	CS3-29	Prioridad
CS3-21	1	0,33	0,2	0,2	0,33	0,33	0,33	0,2	0,33	0,03
CS3-22	3	1	1	1	0,33	3	1	0,33	3	0,11
CS3-23	5	1	1	0,33	0,33	3	1	0,33	3	0,10
CS3-24	5	1	3	1	1	1	1	0,33	3	0,13
CS3-25	3	3	3	1	1	1	3	1	5	0,18
CS3-26	3	0,33	0,33	1	1	1	1	0,33	1	0,07
CS3-27	3	1	1	1	0,33	1	1	0,33	5	0,10
CS3-28	5	3	3	3	1	3	3	1	5	0,25
CS3-29	3	0,33	0,33	0,33	0,2	1	0,2	0,2	1	0,04

Tabla 93. Matriz de comparación del stakeholder. (Fuente: Propia)

Los criterios más importantes son *Net migration (CS3-28)* y *International migrant stock (CS3-25)* porque estos criterios tienen en cuenta a toda la población incluido a los trabajadores y a los refugiados. Con una importancia intermedia se encuentra el grupo formado por los criterios *Industrial water depletion (CS3-24)*, *DALYs due to indoor and outdoor air, water pollution (CS3-22)*, *Contaminación Fossil fuel consumption (CS3-23)*, *Mineral consumption (CS3-27)* y *International migrant workers (CS3-26)* tienen menor importancia porque son recursos o afectan a un grupo reducido de la población. Y por último el grupo menos importante está formado por *Sanitation coverage (CS3-29)* y *Biomass consumption (CS3-21)*, ya que estos son recursos de menos importancia o que se utilizan menos en el sector de la construcción.

En cuanto al análisis de consistencia, el ratio de inconsistencia es de $0.0741 < 0,1$. Por lo que cumple la condición de consistencia para matrices 9×9 .

RI(11)=	1,45
CI=	0,1036
CR=	0,071
CR < 0,1	

Tabla 94. Consistencia de criterios del tercer nivel social. (Propia).

Este stakeholder está formado por 11 criterios cuantitativos, ya que son valores obtenidos del software *OpenLCA*, por lo tanto se debe de normalizar. Para ello normalizamos los criterios mediante el siguiente método:

Biomass consumption (CS3-21)			
Comunidad Local	Cantidad	1/Cantidad	NORMALIZADO
Alternativa 1	36,39	0,03	0,24
Alternativa 2	43,04	0,02	0,20
Alternativa 3	33,18	0,03	0,26
Alternativa 4	29,80	0,03	0,29

Tabla 95. Normalización de un criterio cuantitativo.
(Fuente: Elaboración Propia)



DALYs due to indoor and outdoor air, water pollution (CS3-22)			
Comunidad Local	Cantidad	1/Cantidad	NORMALIZADO
Alternativa 1	23,99	0,04	0,25
Alternativa 2	29,91	0,03	0,20
Alternativa 3	24,52	0,04	0,25
Alternativa 4	20,18	0,05	0,30

Tabla 96. Normalización de un criterio cuantitativo.
(Fuente: Elaboración Propia)

Fossil fuel consumption (CS3-23)			
Comunidad Local	Cantidad	1/Cantidad	NORMALIZADO
Alternativa 1	2,75	0,36	0,26
Alternativa 2	3,34	0,30	0,21
Alternativa 3	3,13	0,32	0,23
Alternativa 4	2,28	0,44	0,31

Tabla 97. Normalización de un criterio cuantitativo.
(Fuente: Elaboración Propia)

Industrial water depletion (CS3-24)			
Comunidad Local	Cantidad	1/Cantidad	NORMALIZADO
Alternativa 1	273,95	0,0037	0,25
Alternativa 2	263,60	0,0038	0,26
Alternativa 3	469,63	0,0021	0,15
Alternativa 4	202,46	0,0049	0,34

Tabla 98. Normalización de un criterio cuantitativo.
(Fuente: Elaboración Propia)

International migrant stock (CS3-25)			
Comunidad Local	Cantidad	1/Cantidad	NORMALIZADO
Alternativa 1	196,12	0,01	0,25
Alternativa 2	242,56	0,0041	0,20
Alternativa 3	200,79	0,0050	0,25
Alternativa 4	165,21	0,01	0,30

Tabla 99. Normalización de un criterio cuantitativo.
(Fuente: Elaboración Propia)

International migrant workers (CS3-26)			
Comunidad Local	Cantidad	1/Cantidad	NORMALIZADO
Alternativa 1	735,83	0,0014	0,26
Alternativa 2	941,90	0,0011	0,21
Alternativa 3	883,26	0,0011	0,22
Alternativa 4	626,43	0,0016	0,31

Tabla 100. Normalización de un criterio cuantitativo.
(Fuente: Elaboración Propia)

Minerals consumption (CS3-27)			
Comunidad Local	Cantidad	1/Cantidad	NORMALIZADO
Alternativa 1	21,27	0,05	0,24
Alternativa 2	25,26	0,04	0,20
Alternativa 3	19,70	0,05	0,26
Alternativa 4	17,49	0,06	0,29

Tabla 101. Normalización de un criterio cuantitativo.
(Fuente: Elaboración Propia)



Net migration (CS3-28)			
Comunidad Local	Cantidad	1/Cantidad	NORMALIZADO
Alternativa 1	0,83	1,20	0,28
Alternativa 2	1,12	0,90	0,21
Alternativa 3	1,17	0,85	0,20
Alternativa 4	0,73	1,36	0,32

Tabla 102. Normalización de un criterio cuantitativo.
(Fuente: Elaboración Propia)

Sanitation coverage (CS3-29)			
Comunidad Local	Cantidad	1/Cantidad	NORMALIZADO
Alternativa 1	1744,11	0,00057	0,25
Alternativa 2	2147,52	0,00047	0,20
Alternativa 3	1704,07	0,00059	0,25
Alternativa 4	1461,26	0,00068	0,30

Tabla 103. Normalización de un criterio cuantitativo.
(Fuente: Elaboración Propia)

Una vez se tiene los pesos de todos los criterios y la ponderación de cada una de las alternativas según cada uno de los criterios, se multiplica la matriz formada por la ponderación de las alternativas por el vector de pesos obtenido gracias a la comparación por pares. Con lo que se obtiene los pesos finales de cada alternativa según el *stakeholder* (véase Tabla 40).

6. CONCLUSIÓN

Como conclusión, en este anejo se ha procedido a presentar la metodología teórica para aplicar el Proceso Analítico Jerárquico (AHP) y se ha procedido a aplicar este método en relación a las alternativas del trabajo.

Por otro lado, se ha realizado una interpretación de los resultados obtenidos del AHP y la agrupación de los subcriterios sociales en categorías.



7. REFERENCIAS.

Arenas de Pablo, J.J. (2015). Puentes arco. Evolución y comprensión. http://ropdigital.ciccp.es/pdf/publico/2015/2015_febrero_3562_03.pdf. Accedido el 24 de mayo de 2020.

Flower, D. J. M., & Sanjayan, J. G. (2007). Green house gas emissions due to concrete manufacture. *The International Journal of Life Cycle Assessment*, 12(5), 282–288. <https://doi.org/10.1065/lca2007.05.327> Accedido el 6 de julio de 2020.

Juan, L. (2016). Aplicación del Proceso Analítico Jerárquico (AHP) al dimensionamiento de sistemas renovables. <http://hdl.handle.net/10251/73178>. Accedido el 13 de mayo de 2020.

Mesones, Javier. (2019). *elEconomista.es*. La construcción, un sector manchado por múltiples casos de corrupción - *elEconomista.es*. <https://www.eleconomista.es/empresas-finanzas/noticias/9807503/04/19/La-construccion-un-sector-manchado-por-multiples-casos-de-corrupcion.html>. Accedido 6 de julio de 2020.

Naciones Unidas. (2015b). ODS by ONU. Retrieved from <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/objetivos-de-desarrollo-sostenible/> Accedido el 6 de julio de 2020.

Ramesh, T., Prakash, R., & Shukla, K. K. (2010). Life cycle energy analysis of buildings: An overview. *Energy and Buildings*, 42(10), 1592–1600. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2010.05.007> Accedido el 6 de julio de 2020

Saaty, T.L. (1980). *The Analytic Hierarchy Process: Planning, Priority Setting, Resource Allocation*, McGraw-Hill. Accedido el 10 de mayo de 2020

Shen, L. Y., Lu, W. S., Yao, H., & Wu, D. H. (2005). A computer-based scoring method for measuring the environmental performance of construction activities. *Automation in Construction*, 14(3), 297–309. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2004.08.017> Accedido el 6 de julio de 2020.

Viñales, D. (2020). “La crisis económica será más profunda por la indisciplina fiscal crónica de España”. *ELMUNDO*, 9 de junio de 2020, <https://www.elmundo.es/economia/macroeconomia/2020/06/09/Sede86c821efa0c2398b4603.html>. Accedido 6 de julio de 2020.

Yepes, V. (2018). *El Blog de Víctor Yepes*. AHP. <https://victoryepes.blogs.upv.es/tag/ahp/>. Accedido el 10 de mayo de 2020

ANEJO N.º 4: EQUIPAMIENTOS

PRESENTADO POR: ALBERTO GARCÍA CÁRCEL

GRADO EN INGENIERÍA CIVIL

TUTOR: VÍCTOR YEPES PIQUERAS

COTUTOR: JULIÁN ALCALÁ GONZÁLEZ

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA





ÍNDICE

1. OBJETO DEL PRESENTE ANEJO	4
2. EVACUACIÓN DE AGUAS	4
2.1. CAUDAL DE REFERENCIA	4
2.2. DEFINICIÓN DEL SISTEMA DE DRENAJE	6
3. IMPOSTA.....	7
4. ILUMINACIÓN	8
5. JUNTAS DE DILATACIÓN	8
6. BARANDILLAS	9
7. PAVIMENTO.....	10
7.1. PAVIMENTO PEATONES.....	10
7.2. PAVIMENTO CARRIL BICI	11
7.3. PAVIMENTO RAMPAS DE ACCESO LATERALES	12
8. REFERENCIAS	13



ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Índice de torrencialidad. (Fuente: Instrucción 5.2-IC, 2016).....	5
Figura 2. Sección transversal caz. (Fuente: catálogo comercial a, 2009)....	6
Figura 3. Geometría del caz. (Fuente: catálogo comercial a, 2009).....	6
Figura 4. Reja superior. (Fuente: catálogo comercial a, 2009).....	6
Figura 5. Imposta de hormigón armado. (Fuente: Elaboración propia en AutoCAD).....	8
Figura 6. Luminarias de la pasarela. (Fuente: catálogo comercial b, 2020).	8
Figura 7. Junta tipo rótula plasto-elástica. (Fuente: Propia. Inspirado: S. Monleón, 2019).....	9
Figura 8. Refuerzo en los arranques de barandilla. (Fuente: catálogo comercial c, 2015).	10
Figura 9. Barandillas a disponer en la pasarela. (Fuente: elaboración propia en AutoCAD).....	10



1. OBJETO DEL PRESENTE ANEJO

El objetivo del presente anejo es la definición de aquellos elementos que se disponen en toda la longitud de la pasarela que no son estructurales pero que ayudan a la funcionalidad y confort de los usuarios.

Los equipamientos son indispensables para el funcionamiento y durabilidad de una pasarela, y se incluyen en este documento el sistema de drenaje, la imposta, las luminarias, las juntas de dilatación y las barandillas.

2. EVACUACIÓN DE AGUAS

2.1. CAUDAL DE REFERENCIA

Para el cálculo del caudal de referencia se va a seguir la Instrucción 5.2-IC. Drenaje superficial y el documento Máximas lluvias diarias en la España Peninsular, empleando la siguiente expresión:

$$Q = \frac{C * A * I}{K} = \frac{0,81 * 100 * 287,8}{3000} = 7,77 \text{ l/s}$$

Se procede a obtener cada uno de los valores de la fórmula anterior:

K : coeficiente que depende de las unidades en las que se expresen Q y A . Para Q en l/s y A en m^2 , $K = 3000$.

C : coeficiente medio de escorrentía de la superficie drenada. Se calcula de la siguiente forma:

$$C = \frac{\left(\frac{P_d}{P_0} - 1\right) * \left(\frac{P_d}{P_0} + 23\right)}{\left(\frac{P_d}{P_0} + 11\right)^2} = \frac{\left(\frac{165,44}{10} - 1\right) * \left(\frac{165,44}{10} + 23\right)}{\left(\frac{165,44}{10} + 11\right)^2} = 0,81$$

siendo:

P_0 : umbral de escorrentía que, según el apartado 5.2. de la Instrucción, puede tomarse igual a 10 mm de forma conservadora.

P_d : precipitación total diaria. Es el producto del cuantil regional “Y” y la máxima precipitación anual diaria “P”. El cuantil es de 2,068 y se obtiene de la *Tabla 7.1* del documento Máximas lluvias diarias en la España Peninsular para un coeficiente de variación $C_v = 0,51$ (*Figura 3.2.*), mientras que la máxima precipitación anual diaria se extrae de la Hoja 4.4. del anejo de este mismo documento y es de 80 mm/día.

$$P_d = 2,068 * 80 = 165,44 \text{ mm/día}$$

A : área de la superficie drenada. Se considera la mitad del tablero:

$$A = 40 * 2,5 = 100 \text{ m}^2$$

I : intensidad media de precipitación correspondiente al periodo de retorno T considerado ($T=25$ años).

$$I = I_d * \left(\frac{I_1}{I_d}\right)^{3,5287 - 2,5287 * T^{0,1}} = 6,9 * 11^{3,5287 - 2,5287 * 0,0833^{0,1}} = 287,8 \frac{\text{mm}}{\text{h}}$$

siendo:



I_d : intensidad media diaria de precipitación corregida correspondiente al periodo de retorno T.

$$I_d = \frac{P_d}{24} = \frac{165,44}{24} = 6,9 \text{ mm/h}$$

$\frac{I_1}{I_d} = 11$: índice de torrencialidad. Su valor se determina en función de la zona geográfica a partir del mapa de la *Figura 2.4.* de la Instrucción y mostrado a continuación:

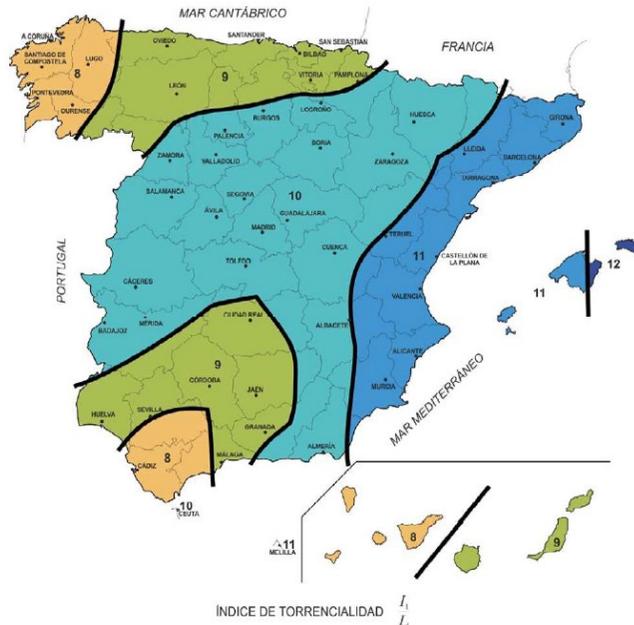


Figura 1. Índice de torrencialidad. (Fuente: Instrucción 5.2-IC, 2016).

t : tiempo de concentración.

$$t = 0,3 * \left(\frac{L}{J^{1/4}} \right)^{0,76}$$

siendo L la longitud del cauce en km y J la pendiente media.

Se calcula el tiempo de concentración para el recorrido transversal y longitudinal del flujo, teniendo en cuenta que según la Instrucción este valor debe ser de al menos 0,0833 h.

$$t(\text{transversal}) = 0,3 * \left(\frac{0,0025}{0,015^{1/4}} \right)^{0,76} = 0,00702 \text{ h}$$

$$t(\text{longitudinal}) = 0,3 * \left(\frac{0,02}{0,02^{1/4}} \right)^{0,76} = 0,0056 \text{ h}$$

Se ha considerado la mitad del tablero para el cálculo del tiempo de concentración longitudinal.

En ninguno de los casos anteriores se llega al valor mínimo establecido, luego $t = 0,0833 \text{ h}$.

Una vez definido el caudal de referencia, se procede a definir el sistema de drenaje.



2.2. DEFINICIÓN DEL SISTEMA DE DRENAJE

El sistema de evacuación de aguas está formado por dos líneas de caces ubicados en las zonas extremas del tablero y en toda la longitud de este. El objetivo principal es dirigir el agua en sentido transversal del tablero (pendiente transversal del 1,5% en el caso del carril bici y del 2% en el caso de la zona peatonal) para posteriormente conducirla a lo largo del tablero con una pendiente longitudinal del 1%. En los extremos del tablero y en la parte intermedia de este se prevé disponer unos sumideros para la evacuación de las pluviales al terreno existente bajo tablero. Cada uno de estos sumideros consta de un tubo de PVC que recoge el agua que discurre por los canales y la expulsa hacia las cunetas de la carretera.

Los caces que se han escogido y que se disponen son los indicadas a continuación, extraídas de un catálogo comercial:

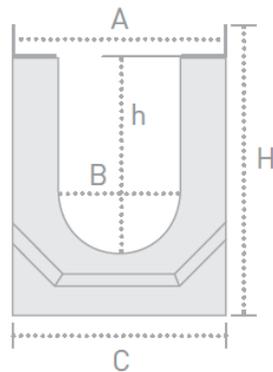


Figura 2. Sección transversal caz. (Fuente: catálogo comercial a, 2009).

De entre las diferentes posibilidades existentes, se elige el modelo CA15H22CC, cuyas dimensiones son: A= 19 cm, B=14 cm, C=20 cm, H=12 cm, h= 10 cm. En la parte superior de estos elementos se disponen unas rejas galvanizadas tipo trámex que sean compatibles con el canal dispuesto. Para ello se escoge una reja cuyo ancho es de 15,5 cm y cuya longitud es de 100 cm.

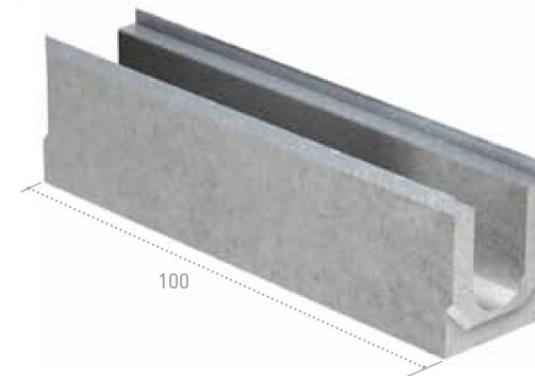


Figura 3. Geometría del caz. (Fuente: catálogo comercial a, 2009).

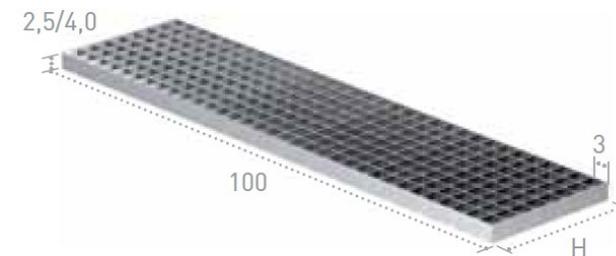


Figura 4. Reja superior. (Fuente: catálogo comercial a, 2009).



El caz tiene las dimensiones indicadas en la figura anterior. El lado más largo es de 100 cm, por lo que es necesario disponer 40 elementos iguales a cada lado del tablero para completar toda la longitud de la pasarela.

En el catálogo comercial se puede observar que para el elemento de desagüe considerado y para una pendiente longitudinal del 1%, la capacidad hidráulica del caz es de 14 l/s, siendo este valor superior al caudal de referencia calculado anteriormente (7,77 l/s), por lo que el canal de drenaje dispuesto es válido para el drenaje de pluviales.

Se comprueba de todas formas que la canaleta escogida es apta para la evacuación de las aguas. Para ello, se va a emplear la fórmula de Manning, para comprobar que el flujo que circule por el caz sea menor que el calado máximo admisible de este, calculando el calado y necesario para el caudal de referencia calculado anteriormente.

$$V = \frac{1}{n} * R_H^{\frac{2}{3}} * S^{1/2}$$

siendo:

V : velocidad del agua en el caz (m/s). $V = \frac{Q}{A}$. Siendo $Q = 7,77 \text{ l/s} = 0,00777 \text{ m}^3$.

n : coeficiente de rugosidad que varía en función del material. En el caso de canales con paredes de acero $n = 0,011$.

R_H : radio hidráulico (m), siendo este la división entre el área y el perímetro mojado. $R_H = \frac{A}{P_m}$

$$R_H = \frac{A}{P_m} = \frac{(0,5 * \pi * 0,07^2) + (y - 0,07) * 0,14}{(\pi * 0,07) + 2 * (y - 0,07)}$$

S : pendiente del canal ($S = 0,01$).

$$\frac{Q}{A} = \frac{1}{n} * R_H^{\frac{2}{3}} * S^{1/2}$$

$$\frac{0,00777}{(0,5 * \pi * 0,07^2) + (y - 0,07) * 0,14} = \frac{1}{0,011} * \left(\frac{(0,5 * \pi * 0,07^2) + (y - 0,07) * 0,14}{(\pi * 0,07) + 2 * (y - 0,07)} \right)^{2/3} * 0,01^{1/2}$$

Según la expresión anterior se obtiene un calado $y = 0,085 \text{ m}$, siendo este valor inferior al calado máximo que admite el caz escogido; $y_{\text{máx}} = 0,10 \text{ m}$.

3. IMPOSTA

La imposta es un elemento cuya función consiste en alejar las pluviales de los paramentos verticales del tablero, además de rectificar y marcar la arista superior del mismo.

Se dispone una imposta en cada lateral de la pasarela y en toda la longitud de esta. Es de hormigón armado prefabricado HA-25 y se ancla a las vigas longitudinales mediante pernos. Está prefabricada en módulos de 2,5 m, disponiendo de esta forma 16 elementos que forman la imposta del tablero.

Se muestra a continuación una sección transversal de la imposta:

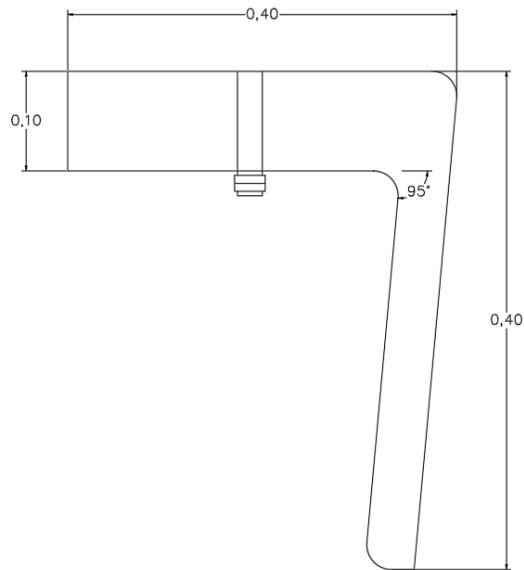


Figura 5. Imposta de hormigón armado.
(Fuente: Elaboración propia en AutoCAD).

4. ILUMINACIÓN

La pasarela a proyectar se encuentra ubicada en una zona relativamente alejada de zonas residenciales y no se prevé el tránsito de usuarios en horas en las que no haya luz natural. Por ello, se decide disponer una iluminación mínima, sin necesidad de garantizar el cumplimiento de los umbrales mínimos de iluminación, para dotar a la pasarela de seguridad y confort para aquellas personas que la transiten de noche.

Se colocan luminarias rasantes tipo LED en toda la longitud de la pasarela y cercanas a los bordes de la superficie de tránsito del tablero. Se disponen cada 2,5 m y al tresbolillo, de forma que cada 2,5 m haya una luminaria en un borde del tablero y que estas coincidan con la llegada al tablero de los cables, consiguiendo resaltar ambos elementos en ausencia de luz natural tanto desde el exterior como desde la posición de tránsito de viandantes y ciclistas. Se colocan 15 luminarias en total.

Los elementos de iluminación se extraen de catálogo y son como se muestran a continuación:



Figura 6. Luminarias de la pasarela. (Fuente: catálogo comercial b, 2020).

5. JUNTAS DE DILATACIÓN

Las juntas de dilatación son dispositivos que interrumpen el tablero de la pasarela de manera que permiten los movimientos relativos entre las dos partes de la estructura que separan.



Para llevar a cabo la selección de la junta se establece primero la variación térmica máxima que se da en el tablero. Teniendo en cuenta la temperatura media del tablero en el momento de coacción del movimiento de 24 °C y las temperaturas máximas y mínimas, la variación térmica máxima es de $\Delta T = 18$ °C, calculando a continuación el incremento de longitud que se da en el tablero según la siguiente expresión:

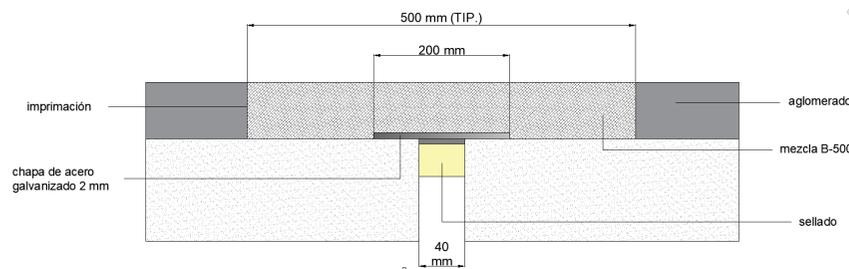
$$\Delta L = \alpha * L * \Delta T = 1,2 * 10^{-5} * 40 * 18 \approx 0,009 \text{ m} = 9 \text{ mm}$$

siendo:

α : coeficiente de dilatación térmica lineal.

L : longitud del tablero.

Se dispone una junta tipo rótula plasto-elástica en cada extremo del tablero ya que asume movimientos de hasta 40 mm, es totalmente impermeable y cómoda para el usuario, es de larga duración, necesita poco mantenimiento y es económica por su rapidez de instalación y puesta en servicio. Se muestra una imagen de este tipo de junta:



*Figura 7. Junta tipo rótula plasto-elástica.
(Fuente: Propia. Inspirado: S. Monleón, 2019).*

6. BARANDILLAS

Las barandillas de una pasarela son elementos fundamentales cuya definición geométrica debe responder a criterios de seguridad para los usuarios, y para poder cumplir con esta función se decide disponer barandillas de acero inoxidable de 1,5 m de altura.

Están formadas por montantes, cables y un pasamanos. Los montantes se disponen cada 2,5 m y en toda la longitud de la pasarela de manera que coincidan con los cables que unen el arco con el tablero. En cuanto al pasamanos, es de 60 mm de diámetro, y para poder garantizar la seguridad de las personas y evitar que se acerquen en exceso al borde del tablero, se retranquean 20 cm sobre la vertical de la barandilla, estando unidos a los montantes mediante tubos de acero.

Entre cada uno de estos soportes se disponen cables de acero inoxidable para poder conseguir un mantenimiento prácticamente nulo. Estos cables, de 5 mm de diámetro y tesados con una carga de 400 kg por cable, deben estar separados entre sí una distancia máxima de 15 cm por razones de seguridad, por lo que para poder cumplir con estas dimensiones se colocan, en toda la altura de la barandilla, 10 cables tensados horizontalmente y separados unos de otros 13 cm.

Los arranques de la barandilla se diseñan de forma que no puedan ser deformables en el momento en el que los cables se pongan en tensión, tal y como muestra la siguiente figura:

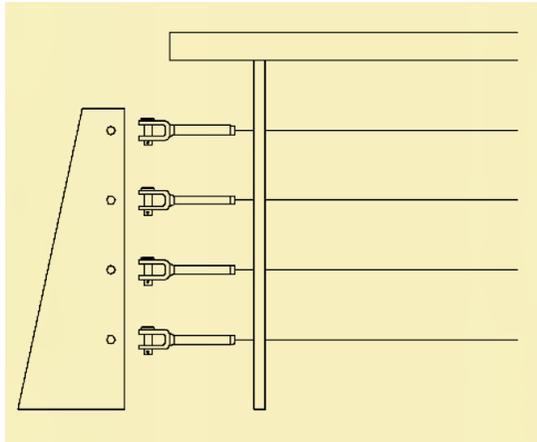


Figura 8. Refuerzo en los arranques de barandilla.
(Fuente: catálogo comercial c, 2015).

Las barandillas relativas a las rampas de acceso laterales se mantienen tal y como se mostraban en el proyecto inicial. Se decide de esta manera ya que el retranqueo de las barandillas en el tramo de pasarela se realiza por razones de seguridad, evitando cualquier tipo de accidentes ya que los usuarios pueden apoyarse sobre estos elementos, y se busca alejar a las personas lo máximo posible del borde del tablero. Sin embargo, en las rampas de acceso laterales el peligro es menor al encontrarse estas a menor altura y al considerar que los usuarios no paran en estos tramos, sino que lo hacen en el tramo de tablero.

Las barandillas a disponer en el caso del tablero se muestran a continuación:

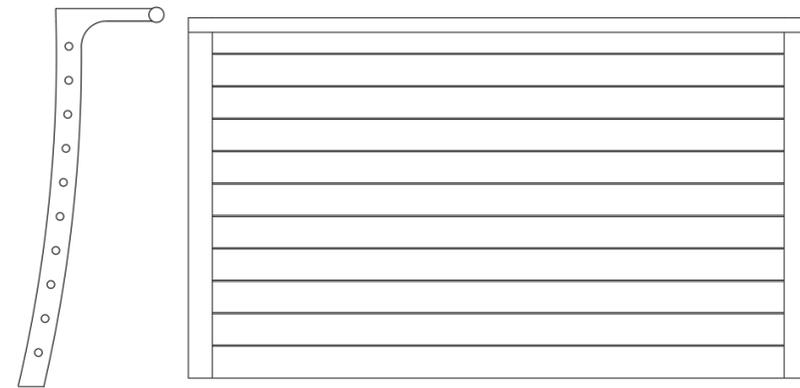


Figura 9. Barandillas a disponer en la pasarela.
(Fuente: elaboración propia en AutoCAD).

7. PAVIMENTO

La pasarela, de 5,5 m útiles, aloja en un mismo tablero la zona para los peatones y el carril para bicicletas. Para separarlos, se decide colocar un borde de 10 cm de altura y así evitar posibles atropellos. Además, se busca dar diferentes rugosidades a los dos diferentes pavimentos, por lo que se ha optado por dar un tratamiento diferente a cada uno de ellos.

7.1. PAVIMENTO PEATONES

Para la selección del pavimento se necesita uno que cumpla con la función de impermeabilizar el tablero de la pasarela, para que el agua no afecta a



la estructura y provoque la reducción de la durabilidad de la pasarela. Por ello se ha elegido un pavimento de resina epoxi sobre el hormigón del tablero. Además, la resina epoxi también proporciona una rugosidad suficiente como para que cuando el pavimento este mojado no resulte resbaladizo.

La colocación constará de las siguientes fases:

- Limpieza de la superficie de hormigón del tablero. Para regularizar la superficie de apoyo de la resina, ya que está tiene muy poco espesor y para retirar la suciedad almacena en el hormigón, la cual puede afectar a la adherencia. Con todo ello se debe de eliminar toda irregularidad superior a 3 mm gracias al lijado del hormigón.
- Colocación de la capa de resina pura que proporciona la impermeabilización del tablero. También se deberá colocar en los bordes laterales del tablero hasta la terminación de estos en el goterón.
- Aplicación de una capa de mortero epoxi de 10 mm de espesor sin la necesidad de dar pendientes ya que la propia estructura ya tiene las pendientes adecuadas para evacuación de aguas.

En cuanto al color del pavimento se escogerá un color gris.

7.2. PAVIMENTO CARRIL BICI

Para la selección del pavimento para el carril bici, de 3,25 m de ancho, se necesita un pavimento que sobre todo cumpla con la función de ser antideslizante, pero además también debe de resistente a la abrasión. Por ello se ha elegido un pavimento mediante una capa de *slurry* de color rojo que también resiste bien las dilataciones térmicas. En este tipo de pavimentos se debe de tener en cuenta que puede haber problemas de durabilidad a causa de la falta de adherencia con el soporte.

La colocación constará de las siguientes fases.

- Limpieza de la superficie de hormigón del tablero. Para regularizar la superficie de apoyo de la capa de *slurry*, ya que está tiene muy poco espesor y para retirar la suciedad almacena en el hormigón, la cual puede afectar a la adherencia. Con todo ello se debe de eliminar toda irregularidad superior a 3 mm gracias al lijado del hormigón.
- Aplicación de mortero bicomponente epoxi. Esta capa mejora la adherencia entre hormigón y el *slurry*, para así poder evitar el desconchamiento del *slurry*.
- Aplicación de la capa de *slurry*. El *slurry* se recibe en envases ya preparados, lo único que se debe de hacer es homogeneizar la mezcla introduciendo agua si así lo indica el fabricante y agitando el envase. El extendido se realiza con una banda de goma a razón de 1.5 kg/m² por capa, por lo que se debe de realizar en capas finas



Como se trata de un *slurry* con pigmentos rojizos se deberán aplicar varias capas hasta conseguir una superficie homogénea y así obtener un buen acabado. Para colocar varias capas se debe esperar entre 4 y 5 horas a 25 °C a que la anterior capa fina de 1.5 kg/m² se haya secado.

Para poder aplicarse la temperatura ambiente debe de estar comprendida entre 10°C y 30°C. Y no se aplicará en condiciones de lluvia.

El *slurry* se almacenará en los envases de origen, cerrados y no se podrán utilizar si ha pasado más de un año desde que se ha abierto. Los envases se almacenarán, en lugares protegidos de la luz del sol y de heladas.

Especificaciones técnicas del *slurry*:

- Viscosidad a 20° (Brookfield RVT, husillo nº6, 100 rpm) > 30 poises
- Abrasión Taber en seco (1000 ciclos, 1000 g, CS 16) < 0.25 g
- Abrasión Taber en húmedo (100 ciclos, 50 g, CS 17) < 8.0 g
- Abrasión NLTg320 < 225 g/m²

7.3. PAVIMENTO RAMPAS DE ACCESO LATERALES

Para realizar el pavimento en las rampas de acceso a la pasarela se van a aplicar los mismos pavimentos que se han utilizado en el tablero. Para la parte de peatones la resina epoxi y para el carril bici el *slurry*.



8. REFERENCIAS

Catálogo comercial a (2009). GLS. Prefabricados de hormigón. Productos. Drenaje de carreteras. <http://www.glsprefabricados.com/> Accedido el 16 de junio de 2020.

Catálogo comercial b (2020). Philips. <https://www.lighting.philips.es/inicio>. Accedido el 16 de junio de 2020.

Catálogo comercial c (2015). RONSTAN. Todos los catálogos y folletos técnicos <https://pdf.archiexpo.es/pdf/ronstan-5804.html> Accedido el 17 de junio de 2020.

Ministerio de Fomento (2016). Orden FOM/298/2016, por la que se aprueba la norma 5.2 - IC drenaje superficial de la Instrucción de Carreteras. https://www.mitma.gob.es/recursos_mfom/ordenfom_298_2016.pdf. Accedido el 14 de junio de 2020.

Monleón Cremades, S. (2019). Diseño estructural de puentes. Accedido el 17 de junio de 2020.

DOCUMENTO N.º 2: RELACIÓN VALORADA

PRESENTADO POR: ALBERTO GARCÍA CÁRCEL

GRADO EN INGENIERÍA CIVIL

TUTOR: VÍCTOR YEPES PIQUERAS

COTUTOR: JULIÁN ALCALÁ GONZÁLEZ

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA





ÍNDICE

1. OBJETIVO	3
2. MEDICIONES	3
3. JUSTIFICACIÓN DE PRECIOS.....	8
3.1. CAPÍTULO 1: ACTUACIONES PREVIAS	9
3.2. CAPÍTULO 2: MOVIMIENTO DE TIERRAS	13
3.3. CAPÍTULO 3: EJECUCIÓN SUBESTRUCTURAS.....	17
3.4. CAPÍTULO 4: EJECUCIÓN DE SUPERESTRUCTURAS	33
3.5. CAPÍTULO 5: EQUIPAMIENTOS.....	47
3.6. CAPÍTULO 6: MANTENIMIENTO	63
3.7. CAPÍTULO 7: DEMOLICIÓN	71
4. RELACIÓN VALORADA	75
5. RESUMEN RELACIÓN VALORADA	81
6. CONCLUSIONES	83
7. REFERENCIAS.....	83



1. OBJETIVO

El objeto de este documento es estimar el coste no solo de construcción sino también del coste del mantenimiento durante todo el ciclo de vida de la estructura y de su demolición al final del ciclo de vida. Por ello se ha realizado una relación valorada mediante los precios de las unidades de obra extraídos del banco de datos del ITEC que se denomina BEDEC.

Para la realización de este documento se ha dividido los apartados más complejos en capítulos para así facilitar un mejor entendimiento del documento.

En primer lugar, se han realizado mediciones de las unidades de obra consideradas para la ejecución, mantenimiento y demolición de la obra. Posteriormente, se ha elaborado una justificación de precios con todos los precios unitarios, y por último se ha calculado el coste total de cada capítulo y del total de la obra.

2. MEDICIONES

En este apartado se puede observar las mediciones de todas las unidades de obra a lo largo del ciclo de vida de la estructura, divididas en diferentes capítulos.

CAPITULO 01. ACTUACIONES PREVIAS								
Código	Unidad	Unidad de obra	Descripción	Repeticiones	Longitud	Area (m ²)	Kg	TOTAL
01.01	m ²	Limpieza y desbroce del terreno	Desbroce de terreno con desbrozadora autopropulsada trinchadora de 4,4 kW (6 CV) de potencia y con una anchura de trabajo de 0,6 a 1 m, para una altura de maleza hasta 40 cm y una pendiente inferior al 12 %, con un mínimo de dos pasadas de máquina, sin recoger la maleza	2		237,8		475,6
01.02	m ³	Demolición de pasarela actual	Demolición de estructura de hormigón armado, con medios mecánicos. Carga de residuos en camión mediante grúa autopropulsada de 30 toneladas. Incluso transporte a vertedero a una distancia inferior a 50 km		125	1,2		186



CAPITULO 02. MOVIMIENTO DE TIERRAS								
Código	Unidad	Unidad de obra	Descripción	Repeticiones	Longitud	Area (m ²)	Kg	TOTAL
02.01	m ³	Excavación Encepado	Excavación a cielo abierto en terreno limoso arcilloso con medios mecánicos para ejecución de pasarela, incluso carga sobre camión transporte a acopio en obra para posterior utilización y descarga.	24	1	5,25		126
02.02	m ³	Relleno encepado	Relleno con material procedente de excavación, en los huecos de la cimentación, incluso carga del acopio transporte interior de obra y vertido.	24	0,5	5,25		63



CAPITULO 03. EJECUCIÓN SUBESTRUCTURAS								
Código	Unidad	Unidad de obra	Descripción	Repeticiones	Longitud	Area (m ²)	Kg	TOTAL
03.01	m ³	Hormigón encepado	Hormigón para encepados, HA-30/P/20/IIIb+Qb, de consistencia plástica y tamaño máximo del árido 20 mm, vertido con cubilote	24	1	5,25		126
03.02	kg	Armadura encepado	Armadura para encepados AP500 S en barras de diámetro como máximo 16 mm, de acero en barras corrugadas B500S de límite elástico >= 500 N/mm2. Incluso transporte y colocación.				8478	8478
03.03	m ²	Encofrado encepado	Encofrado con tablero de madera de pino para encepados. Incluso transporte y montaje.	24		10		240
03.04	m ³	Hormigón pilas	Hormigón para pilas, HA-30/B/20/IIIa, de consistencia blanda y tamaño máximo del árido 20 mm, colocado con bomba					105,08
03.05	kg	Armadura Pilas	Armadura para pilas AP500 S en barras de diámetro como máximo 16 mm, de acero en barras corrugadas B500S de límite elástico >= 500 N/mm2. Incluso colocación y transporte				3900	3900
03.06	m ²	Encofrado pilas	Encofrado con tablero de madera de pino para pilas. Incluso transporte y montaje.	4		44,96		180,96
03.07	m	Perforación pilotes	Perforación y hormigonado de pilotes perforados sin entubación utilizando lodos tixotrópicos en terreno blando, de diámetro 55 cm con hormigón HA-30/L/10/IIa+Qb, con aditivo superplastificante, de consistencia líquida y tamaño máximo del árido 10 mm, con >= 375 kg/m3 de cemento, con el equipo de lodos incluido	48	14			672
03.08	kg	Armadura pilotes	Armado para pilotes AP 500 S de acero en barras corrugadas B500S de límite elástico >= 400 N/mm2. Incluso transporte y colocación.				10763,92	10763,92



CAPITULO 04. EJECUCIÓN SUPERESTRUCTURAS								
Código	Unidad	Unidad de obra	Descripción	Repeticiones	Longitud	Area (m ²)	Kg	TOTAL
04.01	kg	Acero estructural	Acero S355JR según UNE-EN 10025-2, formado por pieza simple, en perfiles laminados en caliente serie L, LD, T, redondo, cuadrado, rectangular y plancha, trabajado en el taller para colocar con soldadura y con una capa de imprimación antioxidante				21573,2	21573,2
04.02	kg	Péndolas	Acero Y 1860 S7 en cordones para armadura activas de 7 alambres, carga unitaria máxima ≥ 1860 N/mm ² y 13 mm de diámetro nominal. Incluido anclajes y transporte y colocación.				113	113
04.03	kg	Acero chapa grecada	Losa de chapa grecada de acero S355JR. Incluso suministro y colocación				3064,3	3064,3
04.04	m3	Hormigonado tablero	Hormigón de uso no estructural de resistencia a compresión 15 N/mm ² , consistencia fluida y tamaño máximo de arido 10mm, colocado con bomba		40	0,70		28,1
04.5	kg	Armadura tablero	Armadura para tablero AP500 S en barras de diámetro como máximo 16 mm, de acero en barras corrugadas B500S de límite elástico ≥ 500 N/mm ² . Incluso colocación y transporte				745,5	745,5
04.6	m2	Encofrado	Encofrado con tablero de madera de pino para tablero. Incluso transporte y montaje.			16		16
04.7	m2	Placas alveolares	Losa de placas alveolares de 30cm de canto prefabricadas de hormigón pretensado	2		576		1152



CAPITULO 05. EQUIPAMIENTOS								
Código	Unidad	Unidad de obra	Descripción	Repeticiones	Longitud	Area (m ²)	Kg	TOTAL
05.01	m2	Pintura acero	Pintado de acero con pintura epoxi bicomponente para sistemas de protección del acero			301,8		301,8
05.02	m2	Pintura hormigón	Pintado de hormigón con pintura al silicato para protección superficial del hormigón			234,4		234,4
05.03	m	Barandilla	Barandilla de acero inoxidable austenítico con molibdeno de designación 1.4401 (AISI 316), con pasamano, travesaño inferior, montantes cada 100 cm y barrotes cada 12 cm, de 150 cm de altura, fijada mecánicamente en la obra con taco de acero, arandela y tuerca.		320			320
05.04	m	Caz de hormigón	Caz de hormigón prefabricado, incluso suministro del caz y transporte a lugar de empleo. Incluso transporte y colocación		80			80
05.05	m	Junta de dilatación	Formación de junta de dilatación exterior, en piezas hormigonadas 'in situ', con junta de PVC de 19 cm de ancho y de 3,5 mm de espesor		5,86			5,86
05.06	m	Hormigón imposta	Hormigón de uso no estructural de resistencia a compresión 15 N/mm ² , consistencia fluida y tamaño máximo de arido 10mm. Incluso transporte y colocación		80			80
05.07	unidad	Iluminación	Iluminación rasante al tresbolillo	15				15
05.08	unidad	Aparato de Apoyo	Aparato de apoyo de neopreno zunchado standard, sustituible, totalmente colocado, incluso nivelación del apoyo con mortero especial de alta resistencia y autonivelante	4				4

CAPITULO 06. MANTENIMIENTO								
Código	Unidad	Unidad de obra	Descripción	Repeticiones	Longitud	Area (m ²)	Kg	TOTAL
06.01	m2	Pintura acero	Pintado de acero con pintura epoxi bicomponente para sistemas de protección del acero			301,8		301,8
06.02	m2	Pintura hormigón	Pintado de hormigón con pintura al silicato para protección superficial del hormigón			234,4		234,4
06.03	kg	Mortero reparación	Mortero reparación para tablero y rampas				8438,4	8438,4
06.04	kg	Reparación de fisuras	Soldadura de reparación mediante grupo electrogeno de 20 a 30 KvA con equipos y elementos auxiliares para soldadura eléctrica				1042	1042



CAPITULO 07. DEMOLICIÓN								
Código	Unidad	Unidad de obra	Descripción	Repeticiones	Longitud	Area (m ²)	Kg	TOTAL
07.01	m3	Demolición de hormigón	Demolición de estructura de hormigón armado, con medios mecánicos. Carga de residuos en camión mediante grúa autopropulsada de 30 toneladas. Incluso transporte a vertedero a una distancia inferior a 50 km					541
07.02	kg	Demolición de acero estructural	Demolición de estructura de acero estructural, con medios mecánicos. Carga de residuos en camión mediante grúa autopropulsada de 30 toneladas. Incluso transporte a vertedero a una distancia inferior a 50 km				21400	21400

3. JUSTIFICACIÓN DE PRECIOS

En se puede observar la justificación de precios unitarios de todas las unidades de obra a lo largo del ciclo de vida de la estructura, divididas en diferentes capítulos, no se han tenido en cuenta los capítulos de seguridad y salud, control de calidad y protección ambiental porque se trata de una valoración no de un presupuesto contractual de un proyecto. Primero se podrá observar la formación de equipos de cada unidad de obra y después la tabla de justificación de precios.

Todos los datos están obtenidos a partir del banco de datos del ITEC que se denomina BEDEC.



3.1. CAPÍTULO 1: ACTUACIONES PREVIAS

m ²	Limpieza y desbroce del terreno	01.01
Desbroce de terreno con desbrozadora autopropulsada trinchadora de 4,4 kW (6 CV) de potencia y con una anchura de trabajo de 0,6 a 1 m, para una altura de maleza hasta 40 cm y una pendiente inferior al 12 %, con un mínimo de dos pasadas de máquina, sin recoger la maleza		
Equipo		
Maquinaria		
Cantidad	Definición	Rendimiento (m ² /h)
1	Desbrozadora autopropulsada trinchadora, de 4,4KW (6CV) de potencia, con una anchura de trabajo de 0,6 a 1m	333,3
Mano de obra		
Cantidad	Definición	Rendimiento (m ² /h)
1	Ayudante de jardinero	333,3



Precio unitario		Limpieza y desbroce del terreno				01.01	
m ² Desbroce de terreno con desbrozadora autopropulsada trinchadora de 4,4 kW (6 CV) de potencia y con una anchura de trabajo de 0,6 a 1 m, para una altura de maleza hasta 40 cm y una pendiente inferior al 12 %, con un mínimo de dos pasadas de máquina, sin recoger la maleza							
MATERIALES						IMPORTE (€)	
CÓDIGO	Cantidad	UD	DEFINICIÓN	COSTES (€/UD)	PARCIAL	TOTAL	
					0		
					0		
					0		
						0	
MAQUINARIA						IMPORTE (€)	
CÓDIGO	Cantidad	UD	DEFINICIÓN	COSTES (€/UD)	PARCIAL	TOTAL	
MQ001	0,003	horas	Desbrozadora autopropulsada trinchadora, de 4,4KW (6CV) de potencia, con una anchura de trabajo de 0,6 a 1m	21,91	0,06573		
					0		
					0		
						0,066	
MANO DE OBRA						IMPORTE (€)	
CÓDIGO	Cantidad	UD	DEFINICIÓN	COSTES (€/UD)	PARCIAL	TOTAL	
MO001	0,003	horas	Ayudante de jardinero	26,62	0,1		
					0		
					0		
						0,080	
HERRAMIENTAS Y MEDIOS AUXILIARES						1,5%	0,0012
SUMA DE COSTES DIRECTOS							0,15
SUMA DE COSTES INDIRECTOS						6%	0,01
TOTAL PRECIO DE EJECUCIÓN MATERIAL							0,16



m ³	Demolición de pasarela actual	01.02
Demolición de estructura de hormigón armado, con medios mecánicos. Carga de residuos en camión mediante grúa autopropulsada de 30 toneladas. Incluso transporte a vertedero a una distancia inferior a 50 km		
Equipo		
Maquinaria		
Cantidad	Definición	Rendimiento (m3/h)
2	Grúa autopropulsada 30 t	1,39
2	Camión 24 t	1,39
1	Compresor con dos martillos neumáticos	2,78
Mano de obra		
Cantidad	Definición	Rendimiento (m3/h)
1	Oficial 1a soldador	2,5
1	Peón	2,5
2	Peón especialista	1,39



Precio unitario		Demolición de pasarela actual				01.02	
m ³ Demolición de estructura de hormigón armado, con medios mecánicos. Carga de residuos en camion mediante grua autopropulsada de 30 toneladas. Incluso transporte a vertedero a una distancia inferior a 50 km							
MATERIALES						IMPORTE (€)	
CÓDIGO	Cantidad	UD	DEFINICIÓN	COSTES (€/UD)	PARCIAL	TOTAL	
					0		
					0		
					0		
					0		
MAQUINARIA						IMPORTE (€)	
CÓDIGO	Cantidad	UD	DEFINICIÓN	COSTES (€/horas)	PARCIAL	TOTAL	
MQ002	0,72	horas	Grúa autopropulsada 30 t	74,7	53,784		
MQ003	0,72	horas	Camión 24 t	53,99	38,9		
MQ004	0,36	horas	Compresor con dos martillos neumaticos	17,05	6,1		
							98,8
MANO DE OBRA						IMPORTE (€)	
CÓDIGO	Cantidad	UD	DEFINICIÓN	COSTES (€/UD)	PARCIAL	TOTAL	
MO002	0,4	horas	Oficial 1a soldador	19,99	8,0		
MO003	0,4	horas	Peón	18,03	7,2		
MO004	0,72	horas	Peón especialista	18,51	13,3		
							28,5
HERRAMIENTAS Y MEDIOS AUXILIARES					2,5%	0,7	
SUMA DE COSTES DIRECTOS						128,0	
SUMA DE COSTES INDIRECTOS					6%	7,7	
TOTAL PRECIO DE EJECUCIÓN MATERIAL						135,7	



3.2. CAPÍTULO 2: MOVIMIENTO DE TIERRAS

m ³	Excavación encepado	02.01
Excavación a cielo abierto en terreno limoso arcilloso con medios mecánicos para ejecución de pasarela, incluso carga sobre camión transporte a acopio en obra para posterior utilización y descarga.		
Equipo		
Maquinaria		
Cantidad	Definición	Rendimiento (m3/h)
2	Retroexcavadora de tamaño medio	40,00
4	Camión de 7 t	20,00
Mano de obra		
Cantidad	Definición	Rendimiento (m3/h)



Precio unitario		Excavación encepado				02.01	
m ³ Excavación a cielo abierto en terreno limoso arcilloso con medios mecánicos para ejecución de pasarela, incluso carga sobre camión transporte a acopio en obra para posterior utilización y descarga.							
MATERIALES						IMPORTE (€)	
CÓDIGO	Cantidad	UD	DEFINICIÓN	COSTES (€/UD)	PARCIAL	TOTAL	
					0		
					0		
					0		
						0	
MAQUINARIA						IMPORTE (€)	
CÓDIGO	Cantidad	UD	DEFINICIÓN	COSTES (€/horas)	PARCIAL	TOTAL	
MQ005	0,025	horas	Retroexcavadora de tamaño medio	51,15	1,27875		
MQ006	0,05	horas	Camión de 7 t	35,84	1,8		
					0,0		
						3,1	
MANO DE OBRA						IMPORTE (€)	
CÓDIGO	Cantidad	UD	DEFINICIÓN	COSTES (€/UD)	PARCIAL	TOTAL	
					0,0		
					0,0		
					0,0		
						0,0	
HERRAMIENTAS Y MEDIOS AUXILIARES						0%	0,0
SUMA DE COSTES DIRECTOS							3,1
SUMA DE COSTES INDIRECTOS						6%	0,2
TOTAL PRECIO DE EJECUCIÓN MATERIAL							3,3



m ³	Relleno encepado	02.02
m ³ Relleno con material proceden de excavación, en los huecos de la cimentación, incluso carga del acopio transporte interior de obra y vertido.		
Equipo		
Maquinaria		
Cantidad	Definición	Rendimiento (m3/h)
2	Retroexcavadora de tamaño medio	25,00
4	Camión de 7 t	20,00
Mano de obra		
Cantidad	Definición	Rendimiento (m3/h)



Precio unitario		Relleno encepado				02.02	
m ³ Relleno con material proceden de excavación, en los huecos de la cimentación, incluso carga del acopio transporte interior de obra y vertido.							
MATERIALES						IMPORTE (€)	
CÓDIGO	Cantidad	UD	DEFINICIÓN	COSTES (€/UD)	PARCIAL	TOTAL	
					0		
					0		
					0		
						0	
MAQUINARIA						IMPORTE (€)	
CÓDIGO	Cantidad	UD	DEFINICIÓN	COSTES (€/horas)	PARCIAL	TOTAL	
MQ005	0,04	horas	Retroexcavadora de tamaño medio	51,15	2,046		
MQ006	0,05	horas	Camión de 7 t	35,84	1,8		
					0,0		
						3,8	
MANO DE OBRA						IMPORTE (€)	
CÓDIGO	Cantidad	UD	DEFINICIÓN	COSTES (€/UD)	PARCIAL	TOTAL	
		horas			0,0		
		horas			0,0		
		horas			0,0		
						0,0	
HERRAMIENTAS Y MEDIOS AUXILIARES						0%	0,0
SUMA DE COSTES DIRECTOS							3,8
SUMA DE COSTES INDIRECTOS						6%	0,2
TOTAL PRECIO DE EJECUCIÓN MATERIAL							4,1



3.3. CAPÍTULO 3: EJECUCIÓN SUBESTRUCTURAS

m3	Hormigonado encepado	03.01
m3 Hormigón para encepados, HA-30/P/20/IIIb+Qb, de consistencia plástica y tamaño máximo del árido 20 mm, vertido con cubilote		
Equipo		
Maquinaria		
Cantidad	Definición	Rendimiento (m3/h)
Mano de obra		
Cantidad	Definición	Rendimiento (m3/h)
2	Peón	1,25



Precio unitario		Hormigonado encepado			03.01		
m3 Hormigón para encepados, HA-30/P/20/IIIb+Qb, de consistencia plástica y tamaño máximo del árido 20 mm, vertido con cubilote							
MATERIALES					IMPORTE (€)		
CÓDIGO	Cantidad	UD	DEFINICIÓN	COSTES (€/UD)	PARCIAL	TOTAL	
MT005	1,03	m3	Hormigón HA-30/P/20/IIIb	93,92	96,74		
					0		
					0		
						96,74	
MAQUINARIA					IMPORTE (€)		
CÓDIGO	Cantidad	UD	DEFINICIÓN	COSTES (€/horas)	PARCIAL	TOTAL	
					0		
					0		
					0		
						0,0	
MANO DE OBRA					IMPORTE (€)		
CÓDIGO	Cantidad	UD	DEFINICIÓN	COSTES (€/UD)	PARCIAL	TOTAL	
MO006	0,8	horas	Peón	17,24	13,79		
					0		
					0		
						13,8	
HERRAMIENTAS Y MEDIOS AUXILIARES						1,5%	0,207
SUMA DE COSTES DIRECTOS							110,7
SUMA DE COSTES INDIRECTOS						6%	6,644
TOTAL PRECIO DE EJECUCIÓN MATERIAL							117,38



kg	Armadura encepado	03.02
kg Armadura para encepados AP500 S en barras de diámetro como máximo 16 mm, de acero en barras corrugadas B500S de límite elástico ≥ 500 N/mm ² . Incluso transporte y colocación.		
Equipo		
Maquinaria		
Cantidad	Definición	Rendimiento (kg/h)
1	Grua autopropulsada	166,67
1	Camión de 7 t	166,67
Mano de obra		
Cantidad	Definición	Rendimiento (kg/h)
1	Oficial 1a ferrallista	166,7
1	Ayudante ferrallista	142,9



Precio unitario		Armadura encepado				03.02	
kg Armadura para encepados AP500 S en barras de diámetro como máximo 16 mm, de acero en barras corrugadas B500S de límite elástico >= 500 N/mm2. Incluso transporte y colocación.							
MATERIALES						IMPORTE (€)	
CÓDIGO	Cantidad	UD	DEFINICIÓN	COSTES (€/UD)	PARCIAL	TOTAL	
MT003	0,0061	kg	Alambre recocido de diametro 1,3mm	1,22	0,0074		
MT004	1	kg	Acero en barras corrugadas manipulado en taller B500S	0,86427	0,86		
					0		
						0,8717	
MAQUINARIA						IMPORTE (€)	
CÓDIGO	Cantidad	UD	DEFINICIÓN	COSTES (€/horas)	PARCIAL	TOTAL	
MQ002	0,006	horas	Grua autopropulsada	65,56	0,39336		
MQ007	0,006	horas	Camión de 7 t	35,84	0,2		
					0,0		
						0,6	
MANO DE OBRA						IMPORTE (€)	
CÓDIGO	Cantidad	UD	DEFINICIÓN	COSTES (€/UD)	PARCIAL	TOTAL	
MO007	0,006	horas	Oficial 1a ferrallista	19,51	0,12		
MO008	0,007	horas	Ayudante ferrallista	18,18	0,13		
					0,0		
						0,2	
HERRAMIENTAS Y MEDIOS AUXILIARES					1,5%	0,004	
SUMA DE COSTES DIRECTOS						1,7	
SUMA DE COSTES INDIRECTOS					6%	0,104	
TOTAL PRECIO DE EJECUCIÓN MATERIAL						1,83	



m2	Encofrado encepado	03.03
m2 Encofrado con tablero de madera de pino para encepados. Incluso transporte y montaje.		
Equipo		
Maquinaria		
Cantidad	Definición	Rendimiento (m2/h)
1	Grua autopropulsada	1,67
Mano de obra		
Cantidad	Definición	Rendimiento (m2/h)
1	Oficial 1a encofrador	1,67
1	Ayudante encofrador	1,82



Precio unitario		Encofrado encepado				03.03	
m2 Encofrado con tablero de madera de pino para encepados. Incluso transporte y montage.							
MATERIALES						IMPORTE (€)	
CÓDIGO	Cantidad	UD	DEFINICIÓN	COSTES (€/UD)	PARCIAL	TOTAL	
MT006	0,102	kg	Alambre recocido de diametro 1,3mm	1,11	0,1132		
MT007	0,1501	kg	Clavo de acero	1,36	0,20		
MT008	2,9997	m	tablón de madera de pino para 10 usos	0,34	1,02		
MT009	0,0038	m3	Lata de madera de pino	252,49	0,96		
							2,2967
MAQUINARIA						IMPORTE (€)	
CÓDIGO	Cantidad	UD	DEFINICIÓN	COSTES (€/horas)	PARCIAL	TOTAL	
MQ002	0,6	horas	Grúa autopropulsada	65,56	39,336		
					0,0		
					0,0		
						39,3	
MANO DE OBRA						IMPORTE (€)	
CÓDIGO	Cantidad	UD	DEFINICIÓN	COSTES (€/UD)	PARCIAL	TOTAL	
MO009	0,6	horas	Oficial 1a encofrador	19,51	11,71		
MO010	0,55	horas	Ayudante encofrador	18,18	10,00		
					0,0		
						21,7	
HERRAMIENTAS Y MEDIOS AUXILIARES					1,5%	0,326	
SUMA DE COSTES DIRECTOS						63,7	
SUMA DE COSTES INDIRECTOS					6%	3,820	
TOTAL PRECIO DE EJECUCIÓN MATERIAL						67,48	



m3	Hormigonado pila	03.04
m3 Hormigón para pilas, HA-30/B/20/IIIa, de consistencia blanda y tamaño máximo del árido 20 mm, colocado con bomba		
Equipo		
Maquinaria		
Cantidad	Definición	Rendimiento (m3/h)
1	Camión con bomba de hormigonar	8
Mano de obra		
Cantidad	Definición	Rendimiento (m3/h)
1	Peón	2,5



Precio unitario		Hormigonado pila				03.04	
m3 Hormigón para pilas, HA-30/B/20/IIIa, de consistencia blanda y tamaño máximo del árido 20 mm, colocado con bomba							
MATERIALES						IMPORTE (€)	
CÓDIGO	Cantidad	UD	DEFINICIÓN	COSTES (€/UD)	PARCIAL	TOTAL	
MT010	1,02	m3	Hormigón HA-30/B/20/IIIa	77,55	79,10		
					0		
					0		
						79,10	
MAQUINARIA						IMPORTE (€)	
CÓDIGO	Cantidad	UD	DEFINICIÓN	COSTES (€/horas)	PARCIAL	TOTAL	
MQ008	0,125	horas	Camión con bomba de hormigonar	155,48	19,435		
					0		
					0		
						19,4	
MANO DE OBRA						IMPORTE (€)	
CÓDIGO	Cantidad	UD	DEFINICIÓN	COSTES (€/UD)	PARCIAL	TOTAL	
MO006	0,4	horas	Peón	17,24	6,90		
					0		
					0		
						6,9	
HERRAMIENTAS Y MEDIOS AUXILIARES						2,5%	0,172
SUMA DE COSTES DIRECTOS							105,6
SUMA DE COSTES INDIRECTOS						6%	6,336
TOTAL PRECIO DE EJECUCIÓN MATERIAL							111,94



kg	Armadura pilas	03.05
kg Armadura para pilas AP500 S en barras de diámetro como máximo 16 mm, de acero en barras corrugadas B500S de límite elástico ≥ 500 N/mm ² . Incluso colocación y transporte		
Equipo		
Maquinaria		
Cantidad	Definición	Rendimiento (kg/h)
1	Grua autopropulsada	142,86
1	Camión de 7 t	142,86
Mano de obra		
Cantidad	Definición	Rendimiento (kg/h)
1	Oficial 1a ferrallista	142,86
1	Ayudante ferrallista	142,86



Precio unitario		Armadura pilas			03.05		
kg Armadura para pilas AP500 S en barras de diámetro como máximo 16 mm, de acero en barras corrugadas B500S de límite elástico ≥ 500 N/mm ² . Incluso colocación y transporte							
MATERIALES					IMPORTE (€)		
CÓDIGO	Cantidad	UD	DEFINICIÓN	COSTES (€/UD)	PARCIAL	TOTAL	
MT003	0,005	kg	Alambre recocido de diametro 1,3mm	1,22	0,0061		
MT004	1	kg	Acero en barras corrugadas manipulado en taller B500S	0,86427	0,86		
					0		
						0,8704	
MAQUINARIA					IMPORTE (€)		
CÓDIGO	Cantidad	UD	DEFINICIÓN	COSTES (€/horas)	PARCIAL	TOTAL	
MQ002	0,007	horas	Grua autopropulsada	65,56	0,45892		
MQ007	0,007	horas	Camión de 7 t	35,84	0,3		
					0,0		
						0,7	
MANO DE OBRA					IMPORTE (€)		
CÓDIGO	Cantidad	UD	DEFINICIÓN	COSTES (€/UD)	PARCIAL	TOTAL	
MO007	0,007	horas	Oficial 1a ferrallista	19,51	0,14		
MO008	0,007	horas	Ayudante ferrallista	18,18	0,13		
					0,0		
						0,3	
HERRAMIENTAS Y MEDIOS AUXILIARES						1,5%	0,004
SUMA DE COSTES DIRECTOS							1,8
SUMA DE COSTES INDIRECTOS						6%	0,111
TOTAL PRECIO DE EJECUCIÓN MATERIAL							1,96



m2	Encofrado pilas	03.06
m2 Encofrado con tablero de madera de pino para pilas. Incluso transporte y montaje.		
Equipo		
Maquinaria		
Cantidad	Definición	Rendimiento (m2/h)
1	Grúa autopropulsada	1,67
Mano de obra		
Cantidad	Definición	Rendimiento (m2/h)
1	Oficial 1a encofrador	1,67
1	Ayudante encofrador	1,82



Precio unitario		Encofrado pilas				03.06	
m2 Encofrado con tablero de madera de pino para pilas. Incluso transporte y montage.							
MATERIALES						IMPORTE (€)	
CÓDIGO	Cantidad	UD	DEFINICIÓN	COSTES (€/UD)	PARCIAL	TOTAL	
MT006	0,102	kg	Alambre recocido de diametro 1,3mm	1,11	0,1132		
MT007	0,1501	kg	Clavo de acero	1,36	0,20		
MT008	2,9997	m	tablón de madera de pino para 10 usos	0,34	1,02		
MT009	0,0038	m3	Lata de madera de pino	252,49	0,96		
							2,2967
MAQUINARIA						IMPORTE (€)	
CÓDIGO	Cantidad	UD	DEFINICIÓN	COSTES (€/horas)	PARCIAL	TOTAL	
MQ002	0,6	horas	Grua autopropulsada	65,56	39,336		
					0,0		
					0,0		
						39,3	
MANO DE OBRA						IMPORTE (€)	
CÓDIGO	Cantidad	UD	DEFINICIÓN	COSTES (€/UD)	PARCIAL	TOTAL	
MO009	0,6	horas	Oficial 1a encofrador	19,51	11,71		
MO010	0,55	horas	Ayudante encofrador	18,18	10,00		
					0,0		
						21,7	
HERRAMIENTAS Y MEDIOS AUXILIARES						1,5%	0,326
SUMA DE COSTES DIRECTOS							63,7
SUMA DE COSTES INDIRECTOS						6%	3,820
TOTAL PRECIO DE EJECUCIÓN MATERIAL							67,48



m	Perforación pilotes	03.07
<p>m Perforación y hormigonado de pilotes perforados sin entubación utilizando lodos tixotrópicos en terreno blando, de diámetro 55 cm con hormigón HA-30/L/10/IIa+Qb, con aditivo superplastificante, de consistencia líquida y tamaño máximo del árido 10 mm, con ≥ 375 kg/m³ de cemento, con el equipo de lodos incluido</p>		
Equipo		
Maquinaria		
Cantidad	Definición	Rendimiento (m/h)
1	Perforadora	4,00
Mano de obra		
Cantidad	Definición	Rendimiento (m/h)
1	Oficial	4
2	Peón	2



Precio unitario		Perforación pilotes			03.07	
m Perforación y hormigonado de pilotes perforados sin entubación utilizando lodos tixotrópicos en terreno blando, de diámetro 55 cm con hormigón HA-30/L/10/IIa+Qb, con aditivo superplastificante, de consistencia líquida y tamaño máximo del árido 10 mm, con >= 375 kg/m3 de cemento, con el equipo de lodos incluido						
MATERIALES					IMPORTE (€)	
CÓDIGO	Cantidad	UD	DEFINICIÓN	COSTES (€/UD)	PARCIAL	TOTAL
MT001	0,2975	m3	Hormigón HA-30/L/10/IIa+Qb	101,49	30,193275	
MT002	7,42	kg	Lodo tixotrópico	0,16	1,1872	
					0	
						31,380475
MAQUINARIA					IMPORTE (€)	
CÓDIGO	Cantidad	UD	DEFINICIÓN	COSTES (€/UD)	PARCIAL	TOTAL
MQ007	0,25	m	Perforadora	227,4	56,85	
					0,0	
					0,0	
						56,9
MANO DE OBRA					IMPORTE (€)	
CÓDIGO	Cantidad	UD	DEFINICIÓN	COSTES (€/UD)	PARCIAL	TOTAL
MO005	0,25	m	Oficial	18,11	4,5	
MO006	0,5		Peón	17,24	8,6	
					0,0	
						13,1
HERRAMIENTAS Y MEDIOS AUXILIARES					0%	0,0
SUMA DE COSTES DIRECTOS						101,4
SUMA DE COSTES INDIRECTOS					6%	6,1
TOTAL PRECIO DE EJECUCIÓN MATERIAL						107,5



kg	Armadura pilotes	03.08
kg Armado para pilotes AP 500 S de acero en barras corrugadas B500S de límite elástico ≥ 400 N/mm ² . Incluso transporte y colocación.		
Equipo		
Maquinaria		
Cantidad	Definición	Rendimiento (kg/h)
1	Grua autopropulsada	200
1	Camión de 7 t	200
Mano de obra		
Cantidad	Definición	Rendimiento (kg/h)
1	Oficial 1a ferrallista	200
1	Ayudante ferrallista	200



Precio unitario		Armadura pilotes				03.08	
kg Armado para pilotes AP 500 S de acero en barras corrugadas B500S de límite elástico ≥ 400 N/mm ² . Incluso transporte y colocación.							
MATERIALES					IMPORTE (€)		
CÓDIGO	Cantidad	UD	DEFINICIÓN	COSTES (€/UD)	PARCIAL	TOTAL	
MT003	0,006	kg	Alambre recocido de diametro 1,3mm	1,22	0,0073		
MT004	1	kg	Acero en barras corrugadas manipulado en taller B500S	0,86427	0,86		
					0		
						0,87159	
MAQUINARIA					IMPORTE (€)		
CÓDIGO	Cantidad	UD	DEFINICIÓN	COSTES (€/horas)	PARCIAL	TOTAL	
MQ002	0,005	horas	Grua autopropulsada	65,56	0,3278		
MQ007	0,005	horas	Camión de 7 t	35,84	0,2		
					0,0		
						0,5	
MANO DE OBRA					IMPORTE (€)		
CÓDIGO	Cantidad	UD	DEFINICIÓN	COSTES (€/UD)	PARCIAL	TOTAL	
MO007	0,005	horas	Oficial 1a ferrallista	19,51	0,10		
MO008	0,005	horas	Ayudante ferrallista	18,18	0,09		
					0,0		
						0,2	
HERRAMIENTAS Y MEDIOS AUXILIARES						1,5%	0,003
SUMA DE COSTES DIRECTOS							1,6
SUMA DE COSTES INDIRECTOS						6%	0,094
TOTAL PRECIO DE EJECUCIÓN MATERIAL							1,66



3.4. CAPÍTULO 4: EJECUCIÓN DE SUPERESTRUCTURAS

kg	Acero estructural	04.01
kg Acero S355JR según UNE-EN 10025-2, formado por pieza simple, en perfiles laminados en caliente serie L, LD, T, redondo, cuadrado, rectangular y plancha, trabajado en el taller para colocar con soldadura y con una capa de imprimación antioxidante		
Equipo		
Maquinaria		
Cantidad	Definición	Rendimiento (kg/h)
2	Grupo electrogeno auxiliar para soldadura eléctrica	71,43
1	Grupo electrogeno de 20 a 30 KVA	142,86
1	Grúa autopropulsada	142,86
1	Camión 24 t	142,86
Mano de obra		
Cantidad	Definición	Rendimiento (kg/h)
2	Oficial 1a soldador	71,43
1	Ayudante soldador	125,00



Precio unitario		Acero estructural				04.01	
kg Acero S355JR según UNE-EN 10025-2, formado por pieza simple, en perfiles laminados en caliente serie L, LD, T, redondo, cuadrado, rectangular y plancha, trabajado en el taller para colocar con soldadura y con una capa de imprimación antioxidante							
MATERIALES						IMPORTE (€)	
CÓDIGO	Cantidad	UD	DEFINICIÓN	COSTES (€/UD)	PARCIAL	TOTAL	
MT011	1	kg	Acero S355JR	1,35	1,3500		
					0,00		
					0		
						1,3500	
MAQUINARIA						IMPORTE (€)	
CÓDIGO	Cantidad	UD	DEFINICIÓN	COSTES (€/horas)	PARCIAL	TOTAL	
MQ009	0,014	horas	Grupo electrogeno auxiliar para soldadura eléctrica	74,7	1,0458		
MQ010	0,007	horas	Grupo electrogeno de 20 a 30 KVA	49,95	0,3		
MQ002	0,007	horas	Grua autopropulsada	65,56	0,5		
MQ003	0,007	horas	Camión 24 t	54,99	0,4		
						2,2	
MANO DE OBRA						IMPORTE (€)	
CÓDIGO	Cantidad	UD	DEFINICIÓN	COSTES (€/UD)	PARCIAL	TOTAL	
MO011	0,014	horas	Oficial 1a soldador	19,95	0,28		
MO012	0,008	horas	Ayudante soldador	18,35	0,15		
					0,0		
						0,4	
HERRAMIENTAS Y MEDIOS AUXILIARES					1,5%	0,006	
SUMA DE COSTES DIRECTOS						4,0	
SUMA DE COSTES INDIRECTOS					6%	0,241	
TOTAL PRECIO DE EJECUCIÓN MATERIAL						4,26	



kg	Pendolas	04.02
kg Acero Y 1860 S7 en cordones para armadura activas de 7 alambres, carga unitaria máxima ≥ 1860 N/mm ² y 13 mm de diámetro nominal. Incluido anclajes y transporte y colocación.		
Equipo		
Maquinaria		
Cantidad	Definición	Rendimiento (kg/h)
1	Camión 7 t	125,00
Mano de obra		
Cantidad	Definición	Rendimiento (kg/h)
2	Oficial	71,43
1	Peón	125,00



Precio unitario		Pendolas			04.02		
kg Acero Y 1860 S7 en cordones para armadura activas de 7 alambres, carga unitaria máxima >=1860 N/mm2 y 13 mm de diámetro nominal. Incluido anclages y transporte y colocación.							
MATERIALES					IMPORTE (€)		
CÓDIGO	Cantidad	UD	DEFINICIÓN	COSTES (€/UD)	PARCIAL	TOTAL	
MT011	0,25	kg	Acero S355JR	1,35	0,3375		
MT012	1	kg	AceroY 1860 S7	0,78	0,78		
					0		
						1,1175	
MAQUINARIA					IMPORTE (€)		
CÓDIGO	Cantidad	UD	DEFINICIÓN	COSTES (€/horas)	PARCIAL	TOTAL	
MQ001	0,008	horas	Camión 7 t	35,84	0,28672		
						0,3	
MANO DE OBRA					IMPORTE (€)		
CÓDIGO	Cantidad	UD	DEFINICIÓN	COSTES (€/UD)	PARCIAL	TOTAL	
MO005	0,014	horas	Oficial	19,51	0,27		
MO006	0,008	horas	Peón	18,18	0,15		
					0,0		
						0,4	
HERRAMIENTAS Y MEDIOS AUXILIARES						1,5%	0,006
SUMA DE COSTES DIRECTOS							1,8
SUMA DE COSTES INDIRECTOS						6%	0,110
TOTAL PRECIO DE EJECUCIÓN MATERIAL							1,94



kg	Chapa grecada	04.03
kg Losa de chapa grecada de acero S355JR. Incluso suministro y colocación		
Equipo		
Maquinaria		
Cantidad	Definición	Rendimiento (kg/h)
1	Camión 7 t	125,00
1	Grua autopropulsada	125,00
Mano de obra		
Cantidad	Definición	Rendimiento (kg/h)
2	Oficial	71,43
1	Peón	125,00



Precio unitario		Chapa grecada			04.03	
kg Losa de chapa grecada de acero S355JR. Incluso suministro y colocación						
MATERIALES					IMPORTE (€)	
CÓDIGO	Cantidad	UD	DEFINICIÓN	COSTES (€/UD)	PARCIAL	TOTAL
MT011	1,05	kg	Acero S355JR	1,35	1,4175	
					0	
					0	
						1,4175
MAQUINARIA					IMPORTE (€)	
CÓDIGO	Cantidad	UD	DEFINICIÓN	COSTES (€/horas)	PARCIAL	TOTAL
MQ007	0,008	horas	Camión 7 t	35,84	0,28672	
MQ002	0,008	horas	Grua autopropulsada	65,56	0,5	
						0,8
MANO DE OBRA					IMPORTE (€)	
CÓDIGO	Cantidad	UD	DEFINICIÓN	COSTES (€/UD)	PARCIAL	TOTAL
MO005	0,014	horas	Oficial	19,51	0,27	
MO006	0,008	horas	Peón	18,18	0,15	
					0,0	
						0,4
HERRAMIENTAS Y MEDIOS AUXILIARES					1,5%	0,006
SUMA DE COSTES DIRECTOS						2,7
SUMA DE COSTES INDIRECTOS					6%	0,159
TOTAL PRECIO DE EJECUCIÓN MATERIAL						2,74



m3	Hormigonado tablero	04.04
m3 Hormigón de uso no estructural de resistencia a compresión 15 N/mm ² , consistencia fluida y tamaño máximo de arido 10mm, colocado con bomba		
Equipo		
Maquinaria		
Cantidad	Definición	Rendimiento (m3/h)
1	Camión con bomba de hormigonar	8
Mano de obra		
Cantidad	Definición	Rendimiento (m3/h)
1	Peón	2,5



Precio unitario		Hormigonado tablero			04.04	
m3 Hormigón de uso no estructural de resistencia a compresión 15 N/mm ² , consistencia fluida y tamaño máximo de arido 10mm, colocado con bomba						
MATERIALES					IMPORTE (€)	
CÓDIGO	Cantidad	UD	DEFINICIÓN	COSTES (€/UD)	PARCIAL	TOTAL
MT013	1,02	m3	Hormigón no estructural	71,62	73,05	
					0	
					0	
						73,05
MAQUINARIA					IMPORTE (€)	
CÓDIGO	Cantidad	UD	DEFINICIÓN	COSTES (€/horas)	PARCIAL	TOTAL
MQ008	0,125	horas	Camión con bomba de hormigonar	155,48	19,435	
					0	
					0	
						19,4
MANO DE OBRA					IMPORTE (€)	
CÓDIGO	Cantidad	UD	DEFINICIÓN	COSTES (€/UD)	PARCIAL	TOTAL
MO006	0,4	horas	Peón	17,24	6,90	
					0	
					0	
						6,9
HERRAMIENTAS Y MEDIOS AUXILIARES					1,5%	0,172
SUMA DE COSTES DIRECTOS						99,6
SUMA DE COSTES INDIRECTOS					6%	5,973
TOTAL PRECIO DE EJECUCIÓN MATERIAL						105,53



kg	Armadura tablero	04.05
kg Armadura para tablero AP500 S en barras de diámetro como máximo 16 mm, de acero en barras corrugadas B500S de límite elástico ≥ 500 N/mm ² . Incluso colocación y transporte		
Equipo		
Maquinaria		
Cantidad	Definición	Rendimiento (kg/h)
1	Grua autopropulsada	142,86
1	Camión de 7 t	142,86
Mano de obra		
Cantidad	Definición	Rendimiento (kg/h)
1	Oficial 1a ferrallista	142,86
1	Ayudante ferrallista	142,86



Precio unitario		Armadura tablero				04.05	
kg Armadura para tablero AP500 S en barras de diámetro como máximo 16 mm, de acero en barras corrugadas B500S de límite elástico ≥ 500 N/mm ² . Incluso colocación y transporte							
MATERIALES						IMPORTE (€)	
CÓDIGO	Cantidad	UD	DEFINICIÓN	COSTES (€/UD)	PARCIAL	TOTAL	
MT003	0,005	kg	Alambre recocido de diámetro 1,3mm	1,22	0,0061		
MT004	1	kg	Acero en barras corrugadas manipulado en taller B500S	0,86427	0,86		
					0		
						0,8704	
MAQUINARIA						IMPORTE (€)	
CÓDIGO	Cantidad	UD	DEFINICIÓN	COSTES (€/horas)	PARCIAL	TOTAL	
MQ002	0,007	horas	Grúa autopropulsada	65,56	0,45892		
MQ007	0,007	horas	Camión de 7 t	35,84	0,3		
					0,0		
						0,7	
MANO DE OBRA						IMPORTE (€)	
CÓDIGO	Cantidad	UD	DEFINICIÓN	COSTES (€/UD)	PARCIAL	TOTAL	
MO007	0,007	horas	Oficial 1a ferrallista	19,51	0,14		
MO008	0,007	horas	Ayudante ferrallista	18,18	0,13		
					0,0		
						0,3	
HERRAMIENTAS Y MEDIOS AUXILIARES						1,5%	0,004
SUMA DE COSTES DIRECTOS							1,8
SUMA DE COSTES INDIRECTOS						6%	0,111
TOTAL PRECIO DE EJECUCIÓN MATERIAL							1,96



m2	Encofrado tablero	04.06
m2 Encofrado con tablero de madera de pino para tablero. Incluso transporte y montaje.		
Equipo		
Maquinaria		
Cantidad	Definición	Rendimiento (m2/h)
1	Grua autopropulsada	1,67
Mano de obra		
Cantidad	Definición	Rendimiento (m2/h)
1	Oficial 1a encofrador	1,67
1	Ayudante encofrador	1,82



Precio unitario		Encofrado tablero			04.06	
m2 Encofrado con tablero de madera de pino para tablero. Incluso transporte y montaje.						
MATERIALES					IMPORTE (€)	
CÓDIGO	Cantidad	UD	DEFINICIÓN	COSTES (€/UD)	PARCIAL	TOTAL
MT006	0,102	kg	Alambre recocido de diametro 1,3mm	1,11	0,1132	
MT007	0,1501	kg	Clavo de acero	1,36	0,20	
MT008	2,9997	m	tablón de madera de pino para 10 usos	0,34	1,02	
MT009	0,0038	m3	Lata de madera de pino	252,49	0,96	
MAQUINARIA					IMPORTE (€)	
CÓDIGO	Cantidad	UD	DEFINICIÓN	COSTES (€/horas)	PARCIAL	TOTAL
MQ002	0,6	horas	Grua autopropulsada	65,56	39,336	
					0	
					0	
MANO DE OBRA					IMPORTE (€)	
CÓDIGO	Cantidad	UD	DEFINICIÓN	COSTES (€/UD)	PARCIAL	TOTAL
MO009	0,6	horas	Oficial 1a encofrador	19,51	11,71	
MO010	0,55	horas	Ayudante encofrador	18,18	10	
					0	
HERRAMIENTAS Y MEDIOS AUXILIARES					2,5%	0,543
SUMA DE COSTES DIRECTOS						63,9
SUMA DE COSTES INDIRECTOS					6%	3,833
TOTAL PRECIO DE EJECUCIÓN MATERIAL						67,71



m2	Placas alveolares	04.07
m2 Losa de placas alveolares de 30cm de canto prefabricadas de hormigón pretensado		
Equipo		
Maquinaria		
Cantidad	Definición	Rendimiento (m2/h)
1	Camión 24 t	5
1	Grua autopropulsada	5
Mano de obra		
Cantidad	Definición	Rendimiento (m2/h)
1	Peón	5
1	Oficial 1	2,5



Precio unitario		Placas alveolares			04.07	
m2 Losa de placas alveolares de 30cm de canto prefabricadas de hormigón pretensado						
MATERIALES					IMPORTE (€)	
CÓDIGO	Cantidad	UD	DEFINICIÓN	COSTES (€/UD)	PARCIAL	TOTAL
MT019	1	m	Placas alveolares	47,5	47,50	
					0	
					0	
						47,50
MAQUINARIA					IMPORTE (€)	
CÓDIGO	Cantidad	UD	DEFINICIÓN	COSTES (€/horas)	PARCIAL	TOTAL
MQ002	0,2	horas	Camión 24 t	53,99	10,798	
MQ007	0,2	horas	Grua autopropulsada	65,56	13	
					0	
						23,9
MANO DE OBRA					IMPORTE (€)	
CÓDIGO	Cantidad	UD	DEFINICIÓN	COSTES (€/UD)	PARCIAL	TOTAL
MO006	0,2	horas	Peón	17,24	3,45	
MO005	0,4	horas	Oficial 1	19,51	8	
					0	
						11,3
HERRAMIENTAS Y MEDIOS AUXILIARES					1,5%	0,169
SUMA DE COSTES DIRECTOS						82,8
SUMA DE COSTES INDIRECTOS					6%	4,970
TOTAL PRECIO DE EJECUCIÓN MATERIAL						87,80



3.5. CAPÍTULO 5: EQUIPAMIENTOS

m2	Pintura acero	05.01
m2 Pintado de acero con pintura epoxi bicomponente para sistemas de protección del acero		
Equipo		
Maquinaria		
Cantidad	Definición	Rendimiento (m2/h)
Mano de obra		
Cantidad	Definición	Rendimiento (m2/h)
1	Oficial 1a pintor	1,4
1	Ayudante pintor	14,3



Precio unitario		Pintura acero				05.01	
m2 Pintado de acero con pintura epoxi bicomponente para sistemas de protección del acero							
MATERIALES						IMPORTE (€)	
CÓDIGO	Cantidad	UD	DEFINICIÓN	COSTES (€/UD)	PARCIAL	TOTAL	
MT015	0,51	kg	Pintura epoxi bicomponente	8,08	4,12		
					0		
					0		
							4,12
MAQUINARIA						IMPORTE (€)	
CÓDIGO	Cantidad	UD	DEFINICIÓN	COSTES (€/horas)	PARCIAL	TOTAL	
					0		
					0		
					0		
							0,0
MANO DE OBRA						IMPORTE (€)	
CÓDIGO	Cantidad	UD	DEFINICIÓN	COSTES (€/UD)	PARCIAL	TOTAL	
MO013	0,7	horas	Oficial 1a pintor	19,51	13,66		
MO014	0,07	horas	Ayudante pintor	18,18	1		
					0		
							14,9
HERRAMIENTAS Y MEDIOS AUXILIARES						1,5%	0,224
SUMA DE COSTES DIRECTOS							19,3
SUMA DE COSTES INDIRECTOS						6%	1,156
TOTAL PRECIO DE EJECUCIÓN MATERIAL							20,43



m2	Pintura hormigón	05.02
m2 Pintado de hormigón con pintura al silicato para protección superficial del hormigón		
Equipo		
Maquinaria		
Cantidad	Definición	Rendimiento (m2/h)
Mano de obra		
Cantidad	Definición	Rendimiento (m2/h)
1	Oficial 1a pintor	2,2
1	Ayudante pintor	22,2



Precio unitario		Pintura hormigón			05.02	
m2 Pintado de hormigón con pintura al silicato para protección superficial del hormigón						
MATERIALES					IMPORTE (€)	
CÓDIGO	Cantidad	UD	DEFINICIÓN	COSTES (€/UD)	PARCIAL	TOTAL
MT0014	0,51	kg	Pintura al silicato	6,85	3,49	
					0	
					0	
						3,49
MAQUINARIA					IMPORTE (€)	
CÓDIGO	Cantidad	UD	DEFINICIÓN	COSTES (€/horas)	PARCIAL	TOTAL
					0	
					0	
					0	
						0,0
MANO DE OBRA					IMPORTE (€)	
CÓDIGO	Cantidad	UD	DEFINICIÓN	COSTES (€/UD)	PARCIAL	TOTAL
MO013	0,45	horas	Oficial 1a pintor	19,51	8,78	
MO014	0,045	horas	Ayudante pintor	18,18	1	
					0	
						9,6
HERRAMIENTAS Y MEDIOS AUXILIARES					1,5%	0,144
SUMA DE COSTES DIRECTOS						13,2
SUMA DE COSTES INDIRECTOS					6%	0,794
TOTAL PRECIO DE EJECUCIÓN MATERIAL						14,03



m	Barandilla	05.03
<p>m Barandilla de acero inoxidable austenítico con molibdeno de designación 1.4401 (AISI 316), con pasamano, travesaño inferior, montantes cada 100 cm y barrotes cada 12 cm, de 150 cm de altura, fijada mecánicamente en la obra con taco de acero, arandela y tuerca.</p>		
Equipo		
Maquinaria		
Cantidad	Definición	Rendimiento (m/h)
Mano de obra		
Cantidad	Definición	Rendimiento (m/h)
2	Oficial 1a cerrajero	2,5
1	Ayudante cerrajero	5,0



Precio unitario		Barandilla			05.03		
m Barandilla de acero inoxidable austenítico con molibdeno de designación 1.4401 (AISI 316), con pasamano, travesaño inferior, montantes cada 100 cm y barrotes cada 12 cm, de 150 cm de altura, fijada mecánicamente en la obra con taco de acero, arandela y tuerca.							
MATERIALES					IMPORTE (€)		
CÓDIGO	Cantidad	UD	DEFINICIÓN	COSTES (€/UD)	PARCIAL	TOTAL	
MT016	2	unidades	Taco de acero de 10 mm, con tornillo, arandela y tuerca	0,99	1,98		
MT017	1	m	Barandilla	282,7	283		
					0		
						284,68	
MAQUINARIA					IMPORTE (€)		
CÓDIGO	Cantidad	UD	DEFINICIÓN	COSTES (€/horas)	PARCIAL	TOTAL	
					0		
					0		
					0		
						0,0	
MANO DE OBRA					IMPORTE (€)		
CÓDIGO	Cantidad	UD	DEFINICIÓN	COSTES (€/UD)	PARCIAL	TOTAL	
MO015	0,4	horas	Oficial 1a cerrajero	19,82	7,93		
MO016	0,2	horas	Ayudante cerrajero	18,25	3,7		
					0		
						11,6	
HERRAMIENTAS Y MEDIOS AUXILIARES						2,5%	0,289
SUMA DE COSTES DIRECTOS							296,5
SUMA DE COSTES INDIRECTOS						6%	17,793
TOTAL PRECIO DE EJECUCIÓN MATERIAL							314,34



m	Caz de hormigón	05.04
m Caz de hormigón prefabricado, incluso suministro del caz y transporte a lugar de empleo. Incluso transporte y colocación		
Equipo		
Maquinaria		
Cantidad	Definición	Rendimiento (m/h)
1	Camión 24 t	5
1	Grua autopropulsada	5
Mano de obra		
Cantidad	Definición	Rendimiento (m/h)
1	Peón	5
1	Oficial 1	2,5



Precio unitario		Caz de hormigón				05.04	
m Caz de hormigón prefabricado, incluso suministro del caz y transporte a lugar de empleo. Incluso transporte y colocación							
MATERIALES						IMPORTE (€)	
CÓDIGO	Cantidad	UD	DEFINICIÓN	COSTES (€/UD)	PARCIAL	TOTAL	
MT019	1	m	Caz de hormigón	23,4	23,40		
					0		
					0		
						23,40	
MAQUINARIA						IMPORTE (€)	
CÓDIGO	Cantidad	UD	DEFINICIÓN	COSTES (€/horas)	PARCIAL	TOTAL	
MQ002	0,2	horas	Camión 24 t	53,99	10,798		
MQ007	0,2	horas	Grua autopropulsada	65,56	13		
					0		
						23,9	
MANO DE OBRA						IMPORTE (€)	
CÓDIGO	Cantidad	UD	DEFINICIÓN	COSTES (€/UD)	PARCIAL	TOTAL	
MO006	0,2	horas	Peón	17,24	3,45		
MO005	0,4	horas	Oficial 1	19,51	8		
					0		
						11,3	
HERRAMIENTAS Y MEDIOS AUXILIARES					1,5%	0,169	
SUMA DE COSTES DIRECTOS						58,7	
SUMA DE COSTES INDIRECTOS					6%	3,524	
TOTAL PRECIO DE EJECUCIÓN MATERIAL						62,25	



m	Junta de dilatación	05.05
m Formación de junta de dilatación exterior, en piezas hormigonadas 'in situ', con junta de PVC de 19 cm de ancho y de 3,5 mm de espesor		
Equipo		
Maquinaria		
Cantidad	Definición	Rendimiento (m/h)
Mano de obra		
Cantidad	Definición	Rendimiento (m/h)
2	Oficial 1a encofrador	10,0
1	Ayudante encofrador	20,0



Precio unitario		Junta de dilatación			05.05		
m Formación de junta de dilatación exterior, en piezas hormigonadas 'in situ', con junta de PVC de 19 cm de ancho y de 3,5 mm de espesor							
MATERIALES					IMPORTE (€)		
CÓDIGO	Cantidad	UD	DEFINICIÓN	COSTES (€/UD)	PARCIAL	TOTAL	
MT018	1,08	m	Junta de dilatación	12,22	13,20		
					0		
					0		
						13,20	
MAQUINARIA					IMPORTE (€)		
CÓDIGO	Cantidad	UD	DEFINICIÓN	COSTES (€/horas)	PARCIAL	TOTAL	
					0		
					0		
					0		
						0,0	
MANO DE OBRA					IMPORTE (€)		
CÓDIGO	Cantidad	UD	DEFINICIÓN	COSTES (€/UD)	PARCIAL	TOTAL	
MO009	0,1	horas	Oficial 1a encofrador	19,51	1,95		
MO010	0,05	horas	Ayudante encofrador	18,18	0,9		
					0		
						2,9	
HERRAMIENTAS Y MEDIOS AUXILIARES						2,5%	0,072
SUMA DE COSTES DIRECTOS							16,1
SUMA DE COSTES INDIRECTOS						6%	0,968
TOTAL PRECIO DE EJECUCIÓN MATERIAL							17,10



m	Imposta	05.06
m Hormigón de uso no estructural de resistencia a compresión 15 N/mm ² , consistencia fluida y tamaño máximo de arido 10mm. Incluso transporte y colocación		
Equipo		
Maquinaria		
Cantidad	Definición	Rendimiento (m/h)
1	Camión 24 t	5
1	Grúa autopropulsada	5
Mano de obra		
Cantidad	Definición	Rendimiento (m/h)
1	Peón	5
1	Oficial 1	2,5



Precio unitario		Imposta			05.06		
m Hormigón de uso no estructural de resistencia a compresión 15 N/mm ² , consistencia fluida y tamaño máximo de arido 10mm. Incluso transporte y colocación							
MATERIALES					IMPORTE (€)		
CÓDIGO	Cantidad	UD	DEFINICIÓN	COSTES (€/UD)	PARCIAL	TOTAL	
MT013	0,59	m3	Hormigón der uso no estructural	71,62	42,26		
					0		
					0		
						42,26	
MAQUINARIA					IMPORTE (€)		
CÓDIGO	Cantidad	UD	DEFINICIÓN	COSTES (€/horas)	PARCIAL	TOTAL	
MQ007	0,2	horas	Camión 24 t	53,99	10,798		
MQ002	0,2	horas	Grúa autopropulsada	65,56	13		
					0		
						23,9	
MANO DE OBRA					IMPORTE (€)		
CÓDIGO	Cantidad	UD	DEFINICIÓN	COSTES (€/UD)	PARCIAL	TOTAL	
MO006	0,2	horas	Peón	17,24	3,45		
MO005	0,4	horas	Oficial 1	19,51	8		
					0		
						11,3	
HERRAMIENTAS Y MEDIOS AUXILIARES						1,5%	0,169
SUMA DE COSTES DIRECTOS							77,6
SUMA DE COSTES INDIRECTOS						6%	4,655
TOTAL PRECIO DE EJECUCIÓN MATERIAL							82,24



unidad	Iluminación	05.07
unidad Iluminación rasante al tresbolillo		
Equipo		
Maquinaria		
Cantidad	Definición	Rendimiento (unidades/h)
Mano de obra		
Cantidad	Definición	Rendimiento (unidades/h)
1	Peón	5
1	Oficial 1	2,5



Precio unitario		Iluminación				05.07	
unidad Iluminación rasante al tresbolillo							
MATERIALES						IMPORTE (€)	
CÓDIGO	Cantidad	UD	DEFINICIÓN	COSTES (€/UD)	PARCIAL	TOTAL	
MT020	1	unidad	Foco rasante	230	230,00		
					0		
					0		
						230,00	
MAQUINARIA						IMPORTE (€)	
CÓDIGO	Cantidad	UD	DEFINICIÓN	COSTES (€/horas)	PARCIAL	TOTAL	
					0		
					0		
					0		
						0,0	
MANO DE OBRA						IMPORTE (€)	
CÓDIGO	Cantidad	UD	DEFINICIÓN	COSTES (€/UD)	PARCIAL	TOTAL	
MO006	0,2	horas	Peón	17,24	3,45		
MO005	0,4	horas	Oficial 1	19,51	8		
					0		
						11,3	
HERRAMIENTAS Y MEDIOS AUXILIARES						1,5%	0,169
SUMA DE COSTES DIRECTOS							241,4
SUMA DE COSTES INDIRECTOS						6%	14,485
TOTAL PRECIO DE EJECUCIÓN MATERIAL							255,91



unidades	Aparato de apoyo	05.08
unidad Aparato de apoyo de neopreno zunchado standard, sustituible, totalmente colocado, incluso nivelación del apoyo con mortero especial de alta resistencia y autonivelante		
Equipo		
Maquinaria		
Cantidad	Definición	Rendimiento (unidades/h)
1	Plataforma elevadora	3,3
Mano de obra		
Cantidad	Definición	Rendimiento (unidades/h)
1	Peón	3,3
1	Oficial 1	1,7



Precio unitario		Aparato de apoyo				05.08	
unidad Aparato de apoyo de neopreno zunchado standard, sustituible, totalmente colocado, incluso nivelación del apoyo con mortero especial de alta resistencia y autonivelante							
MATERIALES						IMPORTE (€)	
CÓDIGO	Cantidad	UD	DEFINICIÓN	COSTES (€/UD)	PARCIAL	TOTAL	
MT021	1	unidad	Aparato de apoyo	15,54	15,54		
					0		
					0		
						15,54	
MAQUINARIA						IMPORTE (€)	
CÓDIGO	Cantidad	UD	DEFINICIÓN	COSTES (€/horas)	PARCIAL	TOTAL	
MQ012	0,3	horas	Plataforma elevadora	39,44	12		
					0		
						11,8	
MANO DE OBRA						IMPORTE (€)	
CÓDIGO	Cantidad	UD	DEFINICIÓN	COSTES (€/UD)	PARCIAL	TOTAL	
MO005	0,3	horas	Peón	17,24	5,17		
MO006	0,6	horas	Oficial 1	19,51	12		
					0		
						16,9	
HERRAMIENTAS Y MEDIOS AUXILIARES						1,5%	0,253
SUMA DE COSTES DIRECTOS							44,5
SUMA DE COSTES INDIRECTOS						6%	2,670
TOTAL PRECIO DE EJECUCIÓN MATERIAL							47,17



3.6. CAPÍTULO 6: MANTENIMIENTO

m2	Pintura acero	06.01
m2 Pintado de acero con pintura epoxi bicomponente para sistemas de protección del acero		
Equipo		
Maquinaria		
Cantidad	Definición	Rendimiento (m2/h)
Mano de obra		
Cantidad	Definición	Rendimiento (m2/h)
1	Oficial 1a pintor	1,4
1	Ayudante pintor	14,3



Precio unitario		Pintura acero			06.01		
m2 Pintado de acero con pintura epoxi bicomponente para sistemas de protección del acero							
MATERIALES					IMPORTE (€)		
CÓDIGO	Cantidad	UD	DEFINICIÓN	COSTES (€/UD)	PARCIAL	TOTAL	
MT015	0,51	kg	Pintura epoxi bicomponente	8,08	4,12		
					0		
					0		
						4,12	
MAQUINARIA					IMPORTE (€)		
CÓDIGO	Cantidad	UD	DEFINICIÓN	COSTES (€/horas)	PARCIAL	TOTAL	
					0		
					0		
					0		
						0,0	
MANO DE OBRA					IMPORTE (€)		
CÓDIGO	Cantidad	UD	DEFINICIÓN	COSTES (€/UD)	PARCIAL	TOTAL	
MO013	0,7	horas	Oficial 1a pintor	19,51	13,66		
MO014	0,07	horas	Ayudante pintor	18,18	1		
					0		
						14,9	
HERRAMIENTAS Y MEDIOS AUXILIARES						1,5%	0,224
SUMA DE COSTES DIRECTOS							19,3
SUMA DE COSTES INDIRECTOS						6%	1,156
TOTAL PRECIO DE EJECUCIÓN MATERIAL							20,43



m2	Pintura hormigón	06.02
m2 Pintado de hormigón con pintura al silicato para protección superficial del hormigón		
Equipo		
Maquinaria		
Cantidad	Definición	Rendimiento (m2/h)
Mano de obra		
Cantidad	Definición	Rendimiento (m2/h)
1	Oficial 1a pintor	2,2
1	Ayudante pintor	22,2



Precio unitario		Pintura hormigón				06.02	
m2 Pintado de hormigón con pintura al silicato para protección superficial del hormigón							
MATERIALES						IMPORTE (€)	
CÓDIGO	Cantidad	UD	DEFINICIÓN	COSTES (€/UD)	PARCIAL	TOTAL	
MT0014	0,51	kg	Pintura al silicato	6,85	3,49		
					0		
					0		
							3,49
MAQUINARIA						IMPORTE (€)	
CÓDIGO	Cantidad	UD	DEFINICIÓN	COSTES (€/horas)	PARCIAL	TOTAL	
					0		
					0		
					0		
							0,0
MANO DE OBRA						IMPORTE (€)	
CÓDIGO	Cantidad	UD	DEFINICIÓN	COSTES (€/UD)	PARCIAL	TOTAL	
MO013	0,45	horas	Oficial 1a pintor	19,51	8,78		
MO014	0,045	horas	Ayudante pintor	18,18	1		
					0		
							9,6
HERRAMIENTAS Y MEDIOS AUXILIARES						1,5%	0,144
SUMA DE COSTES DIRECTOS							13,2
SUMA DE COSTES INDIRECTOS						6%	0,794
TOTAL PRECIO DE EJECUCIÓN MATERIAL							14,03



kg	Mortero de reparación	06.03
kg Mortero reparación para tablero y rampas		
Equipo		
Maquinaria		
Cantidad	Definición	Rendimiento (kg/h)
1	Camión mantenimiento	125
Mano de obra		
Cantidad	Definición	Rendimiento (kg/h)
1	Peón	125



Precio unitario		Mortero de reparación				06.03	
kg Mortero reparación para tablero y rampas							
MATERIALES						IMPORTE (€)	
CÓDIGO	Cantidad	UD	DEFINICIÓN	COSTES (€/UD)	PARCIAL	TOTAL	
MT022	1	kg	Mortero	2,01	2,010		
					0,00		
					0		
							2,01
MAQUINARIA						IMPORTE (€)	
CÓDIGO	Cantidad	UD	DEFINICIÓN	COSTES (€/horas)	PARCIAL	TOTAL	
MQ013	0,008	horas	Camión mantenimiento	33,52	0,27		
					0,0		
							0,3
MANO DE OBRA						IMPORTE (€)	
CÓDIGO	Cantidad	UD	DEFINICIÓN	COSTES (€/UD)	PARCIAL	TOTAL	
MQ006	0,008	horas	Peón	17,24	0,14		
					0,0		
							0,1
HERRAMIENTAS Y MEDIOS AUXILIARES						1,5%	0,000
SUMA DE COSTES DIRECTOS							2,4
SUMA DE COSTES INDIRECTOS						6%	0,145
TOTAL PRECIO DE EJECUCIÓN MATERIAL							2,56



kg	Reparación de fisuras	06.04
kg Soldadura de reparación mediante grupo electrogeno de 20 a 30 KvA con equipos y elementos auxiliares para soldadura eléctrica		
Equipo		
Maquinaria		
Cantidad	Definición	Rendimiento (kg/h)
2	Grupo electrogeno auxiliar para soldadura eléctrica	71,43
1	Grupo electrogeno de 20 a 30 KVA	142,86
1	Camión mantenimiento	142,86
Mano de obra		
Cantidad	Definición	Rendimiento (kg/h)
2	Oficial 1a soldador	71,43
1	Ayudante soldador	125,00



Precio unitario		Reparación de fisuras				06.04	
kg Soldadura de reparación mediante grupo electrogeno de 20 a 30 Kva con equipos y elementos auxiliares para soldadura eléctrica							
MATERIALES						IMPORTE (€)	
CÓDIGO	Cantidad	UD	DEFINICIÓN	COSTES (€/UD)	PARCIAL	TOTAL	
MT011	0,25	kg	Acero S355JR	1,35	0,3375		
					0,00		
					0		
						0,3375	
MAQUINARIA						IMPORTE (€)	
CÓDIGO	Cantidad	UD	DEFINICIÓN	COSTES (€/horas)	PARCIAL	TOTAL	
MQ009	0,014	horas	Grupo electrogeno auxiliar para soldadura eléctrica	74,7	1,0458		
MQ010	0,007	horas	Grupo electrogeno de 20 a 30 KVA	49,95	0,3		
MQ013	0,08	horas	Camión mantenimiento	33,52	2,7		
						4,1	
MANO DE OBRA						IMPORTE (€)	
CÓDIGO	Cantidad	UD	DEFINICIÓN	COSTES (€/UD)	PARCIAL	TOTAL	
MO011	0,014	horas	Oficial 1a soldador	19,95	0,28		
MO012	0,008	horas	Ayudante soldador	18,35	0,15		
					0,0		
						0,4	
HERRAMIENTAS Y MEDIOS AUXILIARES					1,5%	0,006	
SUMA DE COSTES DIRECTOS						4,8	
SUMA DE COSTES INDIRECTOS					6%	0,291	
TOTAL PRECIO DE EJECUCIÓN MATERIAL						5,14	



3.7. CAPÍTULO 7: DEMOLICIÓN

m ³	Demolición de hormigón	07.01
Demolición de estructura de hormigón armado, con medios mecánicos. Carga de residuos en camión mediante grúa autopropulsada de 30 toneladas. Incluso transporte a vertedero a una distancia inferior a 50 km		
Equipo		
Maquinaria		
Cantidad	Definición	Rendimiento (m3/h)
2	Grúa autopropulsada 30 t	1,39
2	Camión 24 t	1,39
1	Compresor con dos martillos neumáticos	2,78
1	Equipo y elementos auxiliares de corte oxiacetilénico	2,78
Mano de obra		
Cantidad	Definición	Rendimiento (m3/h)
1	Oficial 1a soldador	2,5
1	Peón	2,5
2	Peón especialista	1,39



Precio unitario		Demolición de hormigón				07.01	
m ³ Demolición de estructura de hormigón armado, con medios mecánicos. Carga de residuos en camion mediante grua autopropulsada de 30 toneladas. Incluso transporte a vertedero a una distancia inferior a 50 km							
MATERIALES						IMPORTE (€)	
CÓDIGO	Cantidad	UD	DEFINICIÓN	COSTES (€/UD)	PARCIAL	TOTAL	
					0		
					0		
					0		
							0
MAQUINARIA						IMPORTE (€)	
CÓDIGO	Cantidad	UD	DEFINICIÓN	COSTES (€/horas)	PARCIAL	TOTAL	
MQ002	0,72	horas	Grúa autopropulsada 30 t	74,7	53,784		
MQ003	0,72	horas	Camión 24 t	53,99	38,9		
MQ004	0,36	horas	Compresor con dos martillos neumaticos	17,05	6,1		
MQ014	0,36	horas	Equipo y elementos auxiliares de corte oxiacetilénico	10,82	3,9		
							102,7
MANO DE OBRA						IMPORTE (€)	
CÓDIGO	Cantidad	UD	DEFINICIÓN	COSTES (€/UD)	PARCIAL	TOTAL	
MO002	0,4	horas	Oficial 1a soldador	19,99	8,0		
MO003	0,4	horas	Peón	18,03	7,2		
MO004	0,72	horas	Peón especialista	18,51	13,3		
							28,5
HERRAMIENTAS Y MEDIOS AUXILIARES						3%	0,7
SUMA DE COSTES DIRECTOS							131,9
SUMA DE COSTES INDIRECTOS						6%	7,9
TOTAL PRECIO DE EJECUCIÓN MATERIAL							139,9



kg	Demolición de pasarela actual	07.02
Demolición de estructura de hormigón armado, con medios mecánicos. Carga de residuos en camión mediante grúa autopropulsada de 30 toneladas. Incluso transporte a vertedero a una distancia inferior a 50 km		
Equipo		
Maquinaria		
Cantidad	Definición	Rendimiento (kg/h)
0,0072	Grúa autopropulsada 30 t	138,89
0,0072	Camión 24 t	138,89
0,0036	Equipo y elementos auxiliares de corte oxiacetilénico	277,78
Mano de obra		
Cantidad	Definición	Rendimiento (kg/h)
1	Oficial 1a soldador	250
1	Peón	250
2	Peón especialista	138,89



Precio unitario		Demolición de acero estructural				07.02	
kg Demolición de estructura de acero estructural, con medios mecánicos. Carga de residuos en camion mediante grua autopropulsada de 30 toneladas. Incluso transporte a vertedero a una distancia inferior a 50 km							
MATERIALES						IMPORTE (€)	
CÓDIGO	Cantidad	UD	DEFINICIÓN	COSTES (€/UD)	PARCIAL	TOTAL	
					0		
					0		
					0		
						0	
MAQUINARIA						IMPORTE (€)	
CÓDIGO	Cantidad	UD	DEFINICIÓN	COSTES (€/horas)	PARCIAL	TOTAL	
MQ002	0,0072	horas	Grúa autopropulsada 30 t	74,7	0,53784		
MQ003	0,0072	horas	Camión 24 t	53,99	0,388728		
MQ014	0,0036	horas	Equipo y elementos auxiliares de corte oxiacetilénico	10,82	0,0		
						1,0	
MANO DE OBRA						IMPORTE (€)	
CÓDIGO	Cantidad	UD	DEFINICIÓN	COSTES (€/UD)	PARCIAL	TOTAL	
MO002	0,004	horas	Oficial 1a soldador	19,99	0,1		
MO003	0,004	horas	Peón	18,03	0,1		
MO004	0,0072	horas	Peón especialista	18,51	0,1		
						0,3	
HERRAMIENTAS Y MEDIOS AUXILIARES					3%	0,0	
SUMA DE COSTES DIRECTOS						1,3	
SUMA DE COSTES INDIRECTOS						6%	0,1
TOTAL PRECIO DE EJECUCIÓN MATERIAL						1,3	



4. RELACIÓN VALORADA

En este apartado se va a obtener el coste de todos los capítulos teniendo en cuenta el apartado de justificación de precios y el apartado de mediciones

CAPITULO 01. ACTUACIONES PREVIAS						
Código	Unidad	Unidad de obra	Descripción	Cantidad	Precio	Importe
01.01	m ²	Limpieza y desbroce del terreno	Desbroce de terreno con desbrozadora autopropulsada trinchadora de 4,4 kW (6 CV) de potencia y con una anchura de trabajo de 0,6 a 1 m, para una altura de maleza hasta 40 cm y una pendiente inferior al 12 %, con un mínimo de dos pasadas de máquina, sin recoger la maleza	475,6	0,16 €	76,10 €
01.02	m ³	Demolición de pasarela actual	Demolición de estructura de hormigón armado, con medios mecánicos. Carga de residuos en camión mediante grúa autopropulsada de 30 toneladas. Incluso transporte a vertedero a una distancia inferior a 50 km	186	135,70 €	25.240,20 €



CAPITULO 02. MOVIMIENTO DE TIERRAS						
Código	Unidad	Unidad de obra	Descripción	Cantidad	Precio	Importe (€)
02.01	m ³	Exacavación Encepado	Excavación a cielo abierto en terreno limoso arcilloso con medios mecánicos para ejecución de pasarela, incluso carga sobre camión transporte a acopio en obra para posterior utilización y descarga.	126	3,3	415,80 €
02.02	m ³	Relleno encepado	Relleno con material procedente de excavación, en los huecos de la cimentación, incluso carga del acopio transporte interior de obra y vertido.	63	4,1	258,30 €



CAPITULO 03. EJECUCIÓN SUBESTRUCTURAS

Código	Unidad	Unidad de obra	Descripción	Cantidad	Precio	Importe (€)
03.01	m ³	Hormigón encepado	Hormigón para encepados, HA-30/P/20/IIIb+Qb, de consistencia plástica y tamaño máximo del árido 20 mm, vertido con cubilote	126	117,38	14.789,88 €
03.02	kg	Armadura encepado	Armadura para encepados AP500 S en barras de diámetro como máximo 16 mm, de acero en barras corrugadas B500S de límite elástico >= 500 N/mm ² . Incluso transporte y colocación.	8478	1,83	15.514,74 €
03.03	m ²	Encofrado encepado	Encofrado con tablero de madera de pino para encepados. Incluso transporte y montage.	240	67,48	16.195,20 €
03.04	m ³	Hormigón pilas	Hormigón para pilas, HA-30/B/20/IIIa, de consistencia blanda y tamaño máximo del árido 20 mm, colocado con bomba	105,08	111,94	11.762,66 €
03.05	kg	Armadura Pilas	Armadura para pilas AP500 S en barras de diámetro como máximo 16 mm, de acero en barras corrugadas B500S de límite elástico >= 500 N/mm ² . Incluso colocación y transporte	3900	1,96	7.644,00 €
03.06	m ²	Encofrado pilas	Encofrado con tablero de madera de pino para pilas. Incluso transporte y montage.	180,956	67,48	12.210,91 €
03.07	m	Perforación pilotes	Perforación y hormigonado de pilotes perforados sin entubación utilizando lodos tixotrópicos en terreno blando, de diámetro 55 cm con hormigón HA-30/L/10/IIa+Qb, con aditivo superplastificante, de consistencia líquida y tamaño máximo del árido 10 mm, con >= 375 kg/m ³ de cemento, con el equipo de lodos incluido	672	107,5	72.240,00 €
03.08	kg	Armadura pilotes	Armado para pilotes AP 500 S de acero en barras corrugadas B500S de límite elástico >= 400 N/mm ² . Incluso transporte y colocación.	10763,92	1,66	17.868,11 €



CAPITULO 04. EJECUCIÓN SUPERESTRUCTURAS						
Código	Unidad	Unidad de obra	Descripción	Cantidad	Precio	Importe (€)
04.01	kg	Acero estructural	Acero S355JR según UNE-EN 10025-2, paravigas formadas por piezas simples, en perfiles laminados en caliente, trabajado en taller y con una capa de imprimación	21573,2	4,26	91.901,75 €
04.02	kg	Péndolas	Acero Y 1860 S3 en cordones para armadura activa de 7 alambres, carga unitaria máxima ≥ 1860 N/mm ² y 6,5mm de diametro nominal	113,0	1,94	219,24 €
04.03	kg	Acero chapa grecada	Losa de chapa grecada no colaborante	3064,3	2,74	8.396,09 €
04.04	m3	Hormigonado tablero	Hormigón de uso no estructural de resistencia a compresión 15 N/mm ² , consistencia fluida y tamaño máximo de arido 10mm	28,1	105,53	2.966,72 €
04.5	kg	Armadura tablero	Acero en barras corrugadas B 500 S colocado en armaduras pasivas, incluso el corte y doblado, colocación, solapes, despuntes y p.p. de atado con alambre y separadores. Para apoyos	745,5	1,96	1.461,19 €
04.6	m2	Encofrado	Montaje y desmontaje de encofrado con tablero de madera de pino	16	67,71	1.083,36 €
04.7	m2	Placas alveolares	Losa de placas alveolares de 30cm de canto prefabricadas de hormigón pretensado	1152,0	87,8	101.145,60 €



CAPITULO 05. EQUIPAMIENTOS						
Código	Unidad	Unidad de obra	Descripción	Cantidad	Precio	Importe (€)
05.01	m2	Pintura acero	Pintura epoxi bicomponente para sistemas de protección del acero	301,8	20,43	6.165,77 €
05.02	m2	Pintura hormigón	Pintura al silicato para protección superficial del hormigón	234,4	14,03	3.288,63 €
05.03	m	Barandilla	Montaje de barandilla de acero inoxidable con montantes y barrotes a 2,5m de separación, de 150 cm de altura. Accesos	320	314,34	100.588,80 €
05.04	m	Caz de hormigón	Caz de hormigón prefabricado, incluso suministro del caz y transporte a lugar de empleo	80	62,25	4.980,00 €
05.05	m	Junta de dilatación	Junta de dilatación para tablero de entre 5 y 15 mm de movimiento máximo, tipo rótula plasto-elástica, totalmente colocada, incluso p.p. de operaciones de corte y demolición, perforaciones, resina epoxi, pernos, anclajes químicos y selladores	5,86	17,1	100,21 €
05.06	m	Hormigón imposta	Hormigón de uso no estructural de resistencia a compresión 15 N/mm2, consistencia fluida y tamaño máximo de arido 10mm	80	82,24	6.579,20 €
05.07	unidad	Iluminación	Iluminación rasante al tresbolillo	15	255,91	3.838,65 €
05.08	unidad	Aparato de Apoyo	Aparato de apoyo de neopreno zunchado standard, sustituible, totalmente colocado, incluso nivelación del apoyo con mortero especial de alta resistencia y autonivelante	4	47,17	188,68 €



CAPITULO 06. MANTENIMIENTO						
Código	Unidad	Unidad de obra	Descripción	Cantidad	Precio	Importe (€)
06.01	m2	Materiales para el mantenimiento	Pintura epoxi bicomponente para sistemas de protección del acero	301,8	20,43	6.165,77 €
06.02	m2	Pintura hormigón	Pintura al silicato para protección superficial del hormigón	234,4	14,03	3.288,63 €
06.03	kg	Mortero reparación	Mortero reparación para tablero y rampas	8438,4	2,56	21.602,30 €
06.04	kg	Soldadura reparación	Soldadura de reparación mediante grupo electrogeno de 20 a 30 KvA con equipos y elementos auxiliares para soldadura eléctrica	1042,0	5,14	5.355,88 €

CAPITULO 07. DEMOLICIÓN						
Código	Unidad	Unidad de obra	Descripción	Cantidad	Precio	Importe (€)
07.01	m3	Demolición de hormigón	Demolición de estructura de hormigón armado, con medios mecánicos. Carga de residuos en camion mediante grua autopropulsada de 30 toneladas. Incluso transporte a vertedero a una distancia inferior a 50 km	541,1	139,9	75.702,69 €
07.02	kg	Demolición de acero estructural	Demolición de estructura de acero estructural, con medios mecánicos. Carga de residuos en camion mediante grua autopropulsada de 30 toneladas. Incluso transporte a vertedero a una distancia inferior a 50 km	21000,0	1,3	27.300,00 €



5. RESUMEN RELACIÓN VALORADA

A continuación, se muestra un resumen de la relación valorada, con unos porcentajes de la representación de cada capítulo con el total.

Presupuesto de Producción y Construcción del Bowstring			
Código	Capítulo	Importe	%
01.	ACTUACIONES PREVIAS	25.316,30 €	3,80
02.	MOVIMIENTO DE TIERRAS	674,10 €	0,10
03.	EJECUCIÓN SUBESTRUCTURAS	168.225,49 €	25,24
04.	EJECUCIÓN SUPERESTRUCTURAS	207.173,94 €	31,08
05.	EQUIPAMIENTOS	125.729,94 €	18,86
Presupuesto TOTAL de Producción y Construcción		527.119,77 €	
Presupuesto de Mantenimiento y Demolición del Bowstring			
Código	Capítulo	Importe	%
06.	MANTENIMIENTO	36.412,59 €	5,46
07.	DEMOLICIÓN	103.002,69 €	15,45
Presupuesto TOTAL de Mantenimiento y Construcción		139.415,28 €	



Cálculo del Presupuesto Base de licitación teniendo en cuenta todo el ciclo de vida de la estructura, suponiendo como datos orientativos unos Gastos Generales del 15% y un Beneficio Industrial del 6%:

PRESUPUESTO BASE DE LICITACIÓN 100 AÑOS	
PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN MATERIAL (PEM)	666.535,05 €
GASTOS GENERALES (15% del PEM)	99.980,26 €
BENEFICIO INDUSTRIAL (6% del PEM)	39.992,10 €
VALOR ESTIMADO	806.507,41 €
IVA(21% del TOTAL)	169.366,56 €
PRESUPUESTO BASE DE LICITACIÓN	975.873,96 €

El Presupuesto Base de Licitación asciende durante el ciclo de vida completo de 100 años de la Alternativa 4: Arco atirantado (*Bowstring*) a la cantidad de 975.873,96 €, es decir, NOVECIENTOS SETENTA Y CINCO MIL OCHOCIENTOS SETENTA Y TRES EUROS CON NOVENTA Y SEIS CENTIMOS.

Firma: Alberto García Cárcel

Fecha: junio 2020





6. CONCLUSIONES

En este documento se realizado todos los pasos necesarios para obtener la Presupuesto Base de Licitación contando también con el coste del mantenimiento y de la demolición al final del ciclo de vida. Esto se ha hecho así para observar la importancia que tienen estas fases durante el ciclo de vida, ya que conforman el 25% del coste de ejecución material total.

Por lo que se concluye de la importancia no solo de tener en cuenta la fase de uso y mantenimiento para obtener el presupuesto de una obra sino también la demolición de esta estructura al final de su vida útil, es decir hay que tener en cuenta todo el ciclo de vida de una estructura.

7. REFERENCIAS

Instituto Tecnológico de la Construcción (ITeC). (2020). Banco de precios BEDEC <https://metabase.itec.cat/vid/e/es/bedec> Accedido el 15 de junio de 2020.



DOCUMENTO N.º 3: PLANOS

PRESENTADO POR: ALBERTO GARCÍA CÁRCEL

GRADO EN INGENIERÍA CIVIL

TUTOR: VÍCTOR YEPES PIQUERAS

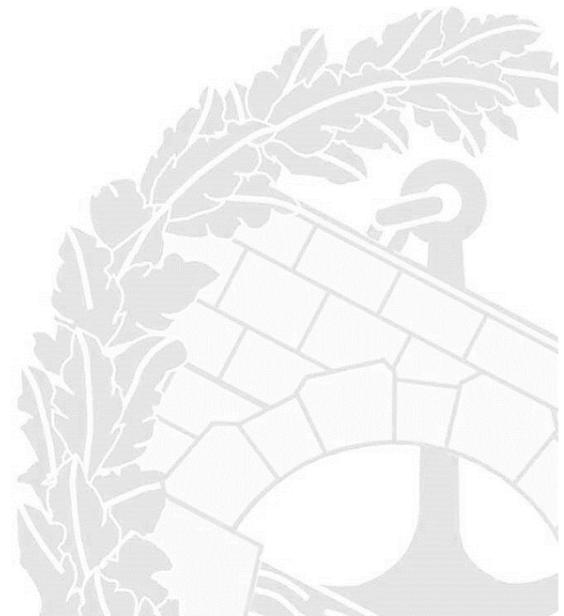
COTUTOR: JULIÁN ALCALÁ GONZÁLEZ

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA





ÍNDICE

- PLANO Nº1. SITUACIÓN Y EMPLAZAMIENTO
- PLANO Nº2. PLANTA Y ALZADO GENERAL PROYECTO BASE
- PLANO Nº3. ALZADO ALTERNATIVA 1
- PLANO Nº4. ALZADO ALTERNATIVA 2
- PLANO Nº5. ALZADO ALTERNATIVA 3
- PLANO Nº6. ALZADO ALTERNATIVA 4
- PLANO Nº7. SECCIÓN TRANSVERSAL ALTERNATIVA 1
- PLANO Nº8. SECCIÓN TRANSVERSAL ALTERNATIVA 2
- PLANO Nº9. SECCIÓN TRANSVERSAL ALTERNATIVA 3
- PLANO Nº10. SECCIÓN TRANSVERSAL ALTERNATIVA 4
- PLANO Nº11. PLANTA ALTERNATIVA 1
- PLANO Nº12. PLANTA ALTERNATIVA 2
- PLANO Nº13. PLANTA ALTERNATIVA 3
- PLANO Nº14. PLANTA ALTERNATIVA 4
- PLANO Nº15. TIPOLOGIAS DE PILAS
- PLANO Nº16. PERFILERÍA ALTERNATIVA 1
- PLANO Nº17. PERFILERÍA ALTERNATIVA 2
- PLANO Nº18. PERFILERÍA ALTERNATIVA 4
- PLANO Nº19. ARMADO LOSA ALTERNATIVA 3
- PLANO Nº20. ARMADO MURO ALTERNATIVA 3
- PLANO Nº21. GEOMETRÍA SOLUCIÓN FINAL
- PLANO Nº22. RAMPA MARGEN OESTE
- PLANO Nº23. RAMPA MARGEN ESTE
- PLANO Nº24. EQUIPAMIENTOS

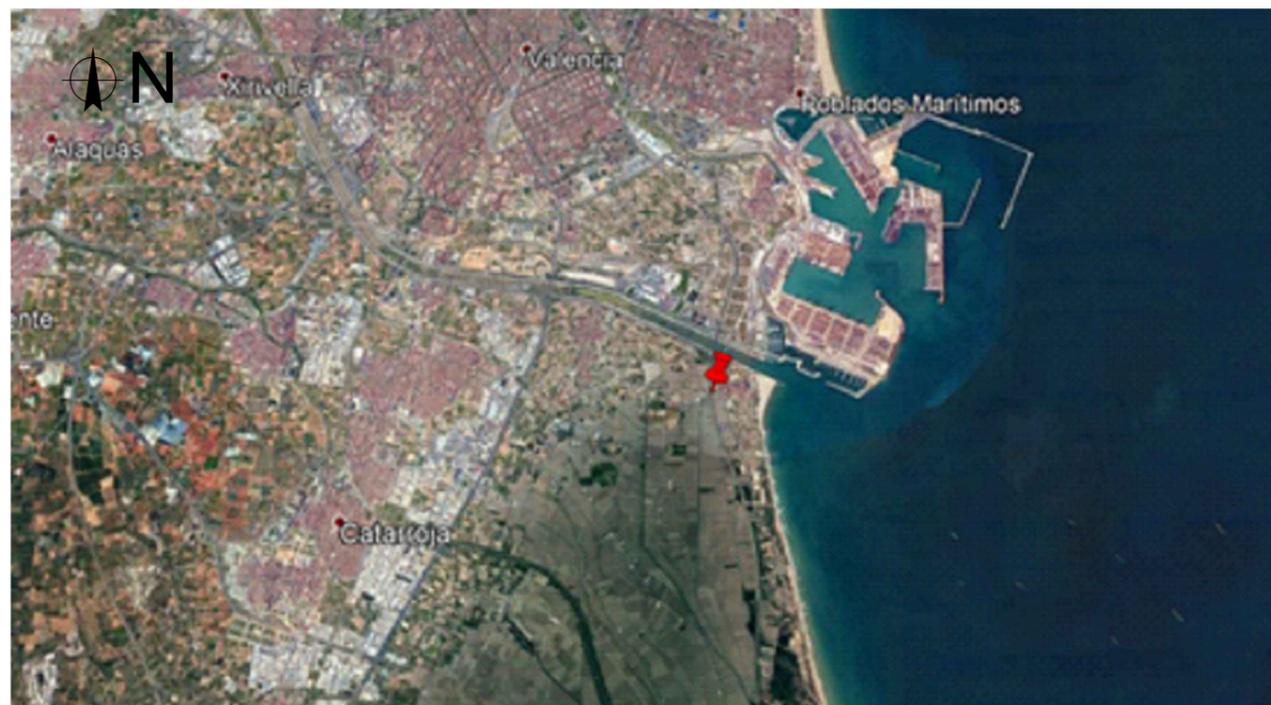
SITUACIÓN
Escala 1:500.000



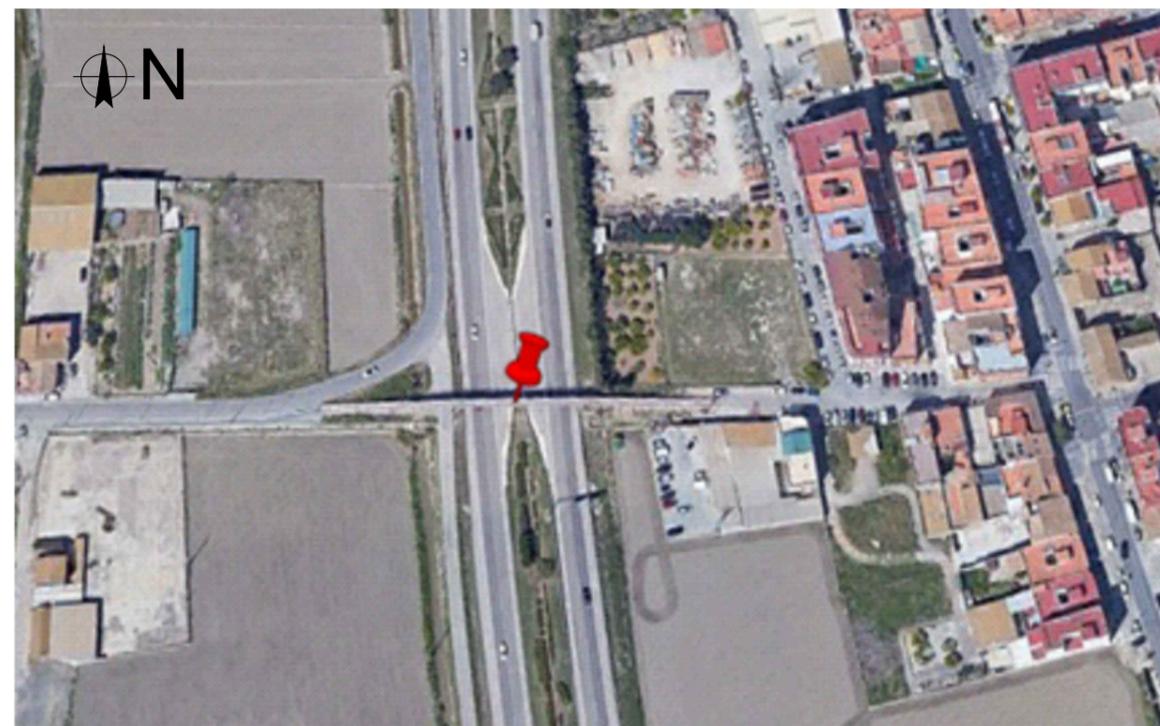
EMPLAZAMIENTO
Escala 1:10.000



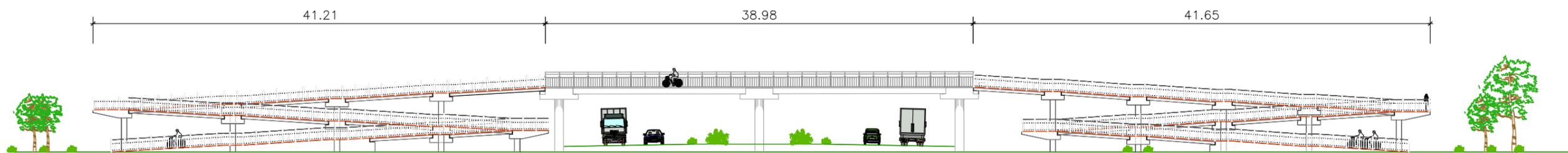
SITUACIÓN
Escala 1:100.000



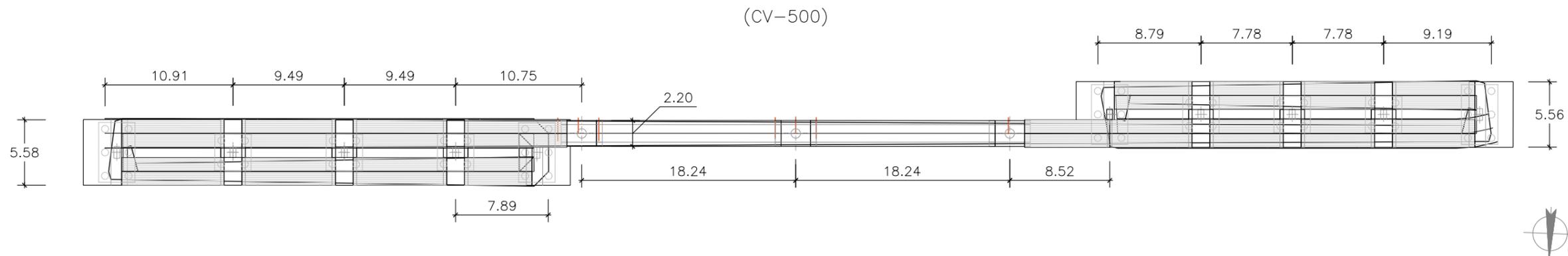
EMPLAZAMIENTO
Escala 1:2.000



ALZADO PASARELA
Escala 1:400



PLANTA PASARELA
Escala 1:400

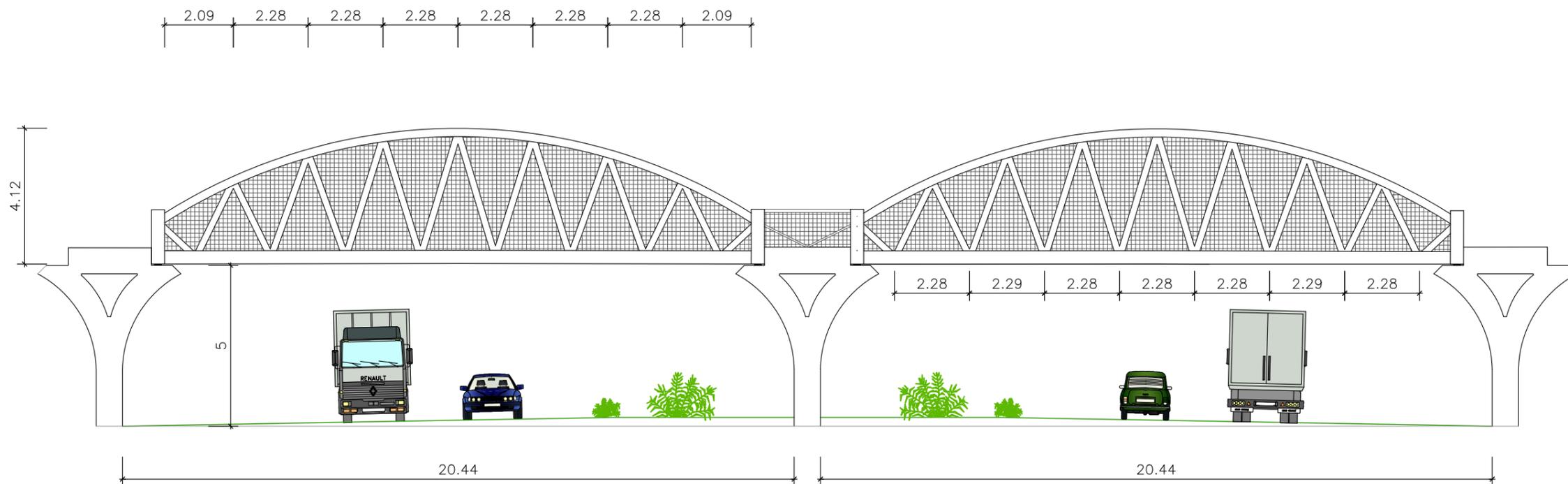


Cuadro de materiales					
Elementos	Localización	Especificaciones	Coef. seguridad	Nivel de control	Recubrimiento (mm)
Acero	Alternativas 1,2,4	S355 JR	1,050	Normal	-
Hormigón	Toda la alternativa 3	HA-35	1,500	Estadístico	35
Acero pasivo	Barras alternativa 3	B500S	1,150	Normal	-
Acero activo	Cables alternativa 4	Y-1860 S7	1,150	Normal	-
Hormigón	Piso de las alternativas 1,2,4	HA-25	-	Normal	-
Ejecución	Según IAP-11 (2012)			Normal	-

CREADO CON UNA VERSION PARA ESTUDIANTES DE AUTODESK

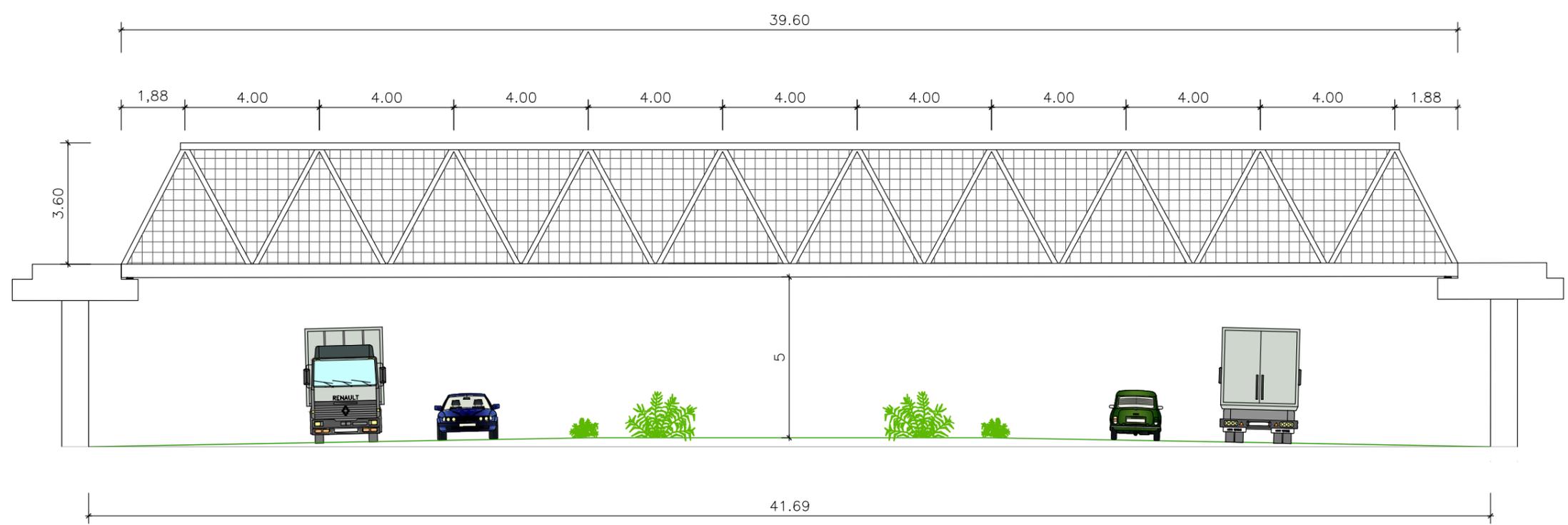
CREADO CON UNA VERSION PARA ESTUDIANTES DE AUTODESK

ALZADO ALTERNATIVA 1
Escala 1:150



Cuadro de materiales					
Elementos	Localización	Especificaciones	Coef. seguridad	Nivel de control	Recubrimiento (mm)
Acero	Alternativas 1,2,4	S355 JR	1,050	Normal	-
Hormigón	Toda la alternativa 3	HA-35	1,500	Estadístico	35
Acero pasivo	Barras alternativa 3	B500S	1,150	Normal	-
Acero activo	Cables alternativa 4	Y-1860 S7	1,150	Normal	-
Hormigón	Piso de las alternativas 1,2,4	HA-25	-	Normal	-
Ejecución	Según IAP-11 (2012)			Normal	-

ALZADO ALTERNATIVA 2
Escala 1:150



Cuadro de materiales					
Elementos	Localización	Especificaciones	Coef. seguridad	Nivel de control	Recubrimiento (mm)
Acero	Alternativas 1,2,4	S355 JR	1,050	Normal	-
Hormigón	Toda la alternativa 3	HA-35	1,500	Estadístico	35
Acero pasivo	Barras alternativa 3	B500S	1,150	Normal	-
Acero activo	Cables alternativa 4	Y-1860 S7	1,150	Normal	-
Hormigón	Piso de las alternativas 1,2,4	HA-25	-	Normal	-
Ejecución	Según IAP-11 (2012)			Normal	-



ESCUOLA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS

Autor: Alberto García Cárcel

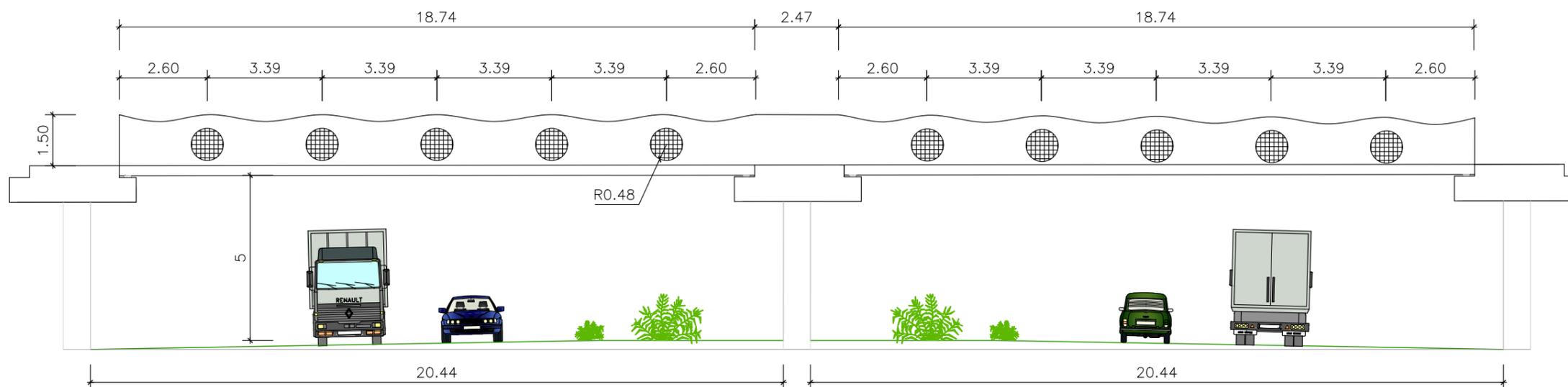
ESTUDIO DE SOLUCIONES PARA LA PASARELA SOBRE LA CARRETERA CV-500 EN PINEDO (VALENCIA) MEDIANTE ANÁLISIS DEL CICLO DE VIDA Y MÉTODO AHP

ALZADO ALTERNATIVA 2

Escala: INDICADAS

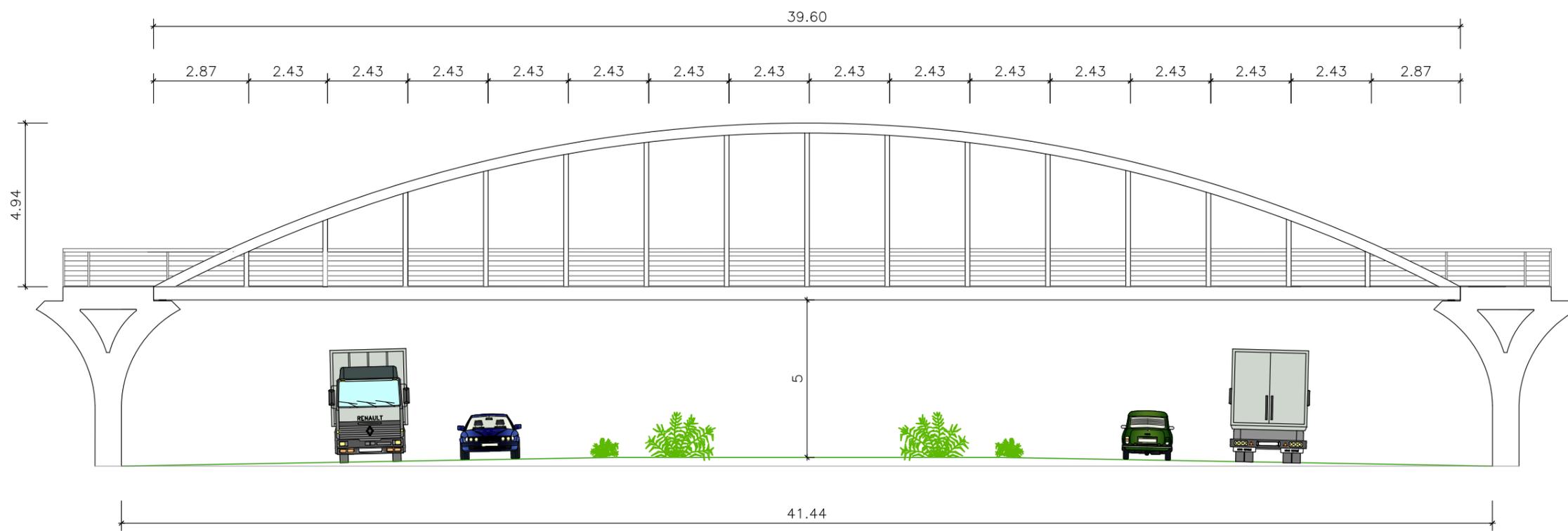
Plano nº: 4

ALZADO ALTERNATIVA 3
Escala 1:150



Cuadro de materiales					
Elementos	Localización	Especificaciones	Coef. seguridad	Nivel de control	Recubrimiento (mm)
Acero	Alternativas 1,2,4	S355 JR	1,050	Normal	-
Hormigón	Toda la alternativa 3	HA-35	1,500	Estadístico	35
Acero pasivo	Barra alternativa 3	B500S	1,150	Normal	-
Acero activo	Cables alternativa 4	Y-1860 S7	1,150	Normal	-
Hormigón	Piso de las alternativas 1,2,4	HA-25	-	Normal	-
Ejecución	Según IAP-11 (2012)			Normal	-

ALZADO ALTERNATIVA 4
Escala 1:150



Cuadro de materiales					
Elementos	Localización	Especificaciones	Coef. seguridad	Nivel de control	Recubrimiento (mm)
Acero	Alternativas 1,2,4	S355 JR	1,050	Normal	-
Hormigón	Toda la alternativa 3	HA-35	1,500	Estadístico	35
Acero pasivo	Barra alternativa 3	B500S	1,150	Normal	-
Acero activo	Cables alternativa 4	Y-1860 S7	1,150	Normal	-
Hormigón	Piso de las alternativas 1,2,4	HA-25	-	Normal	-
Ejecución	Según IAP-11 (2012)			Normal	-



ESCUOLA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS

Autor:
Alberto García Cárcel

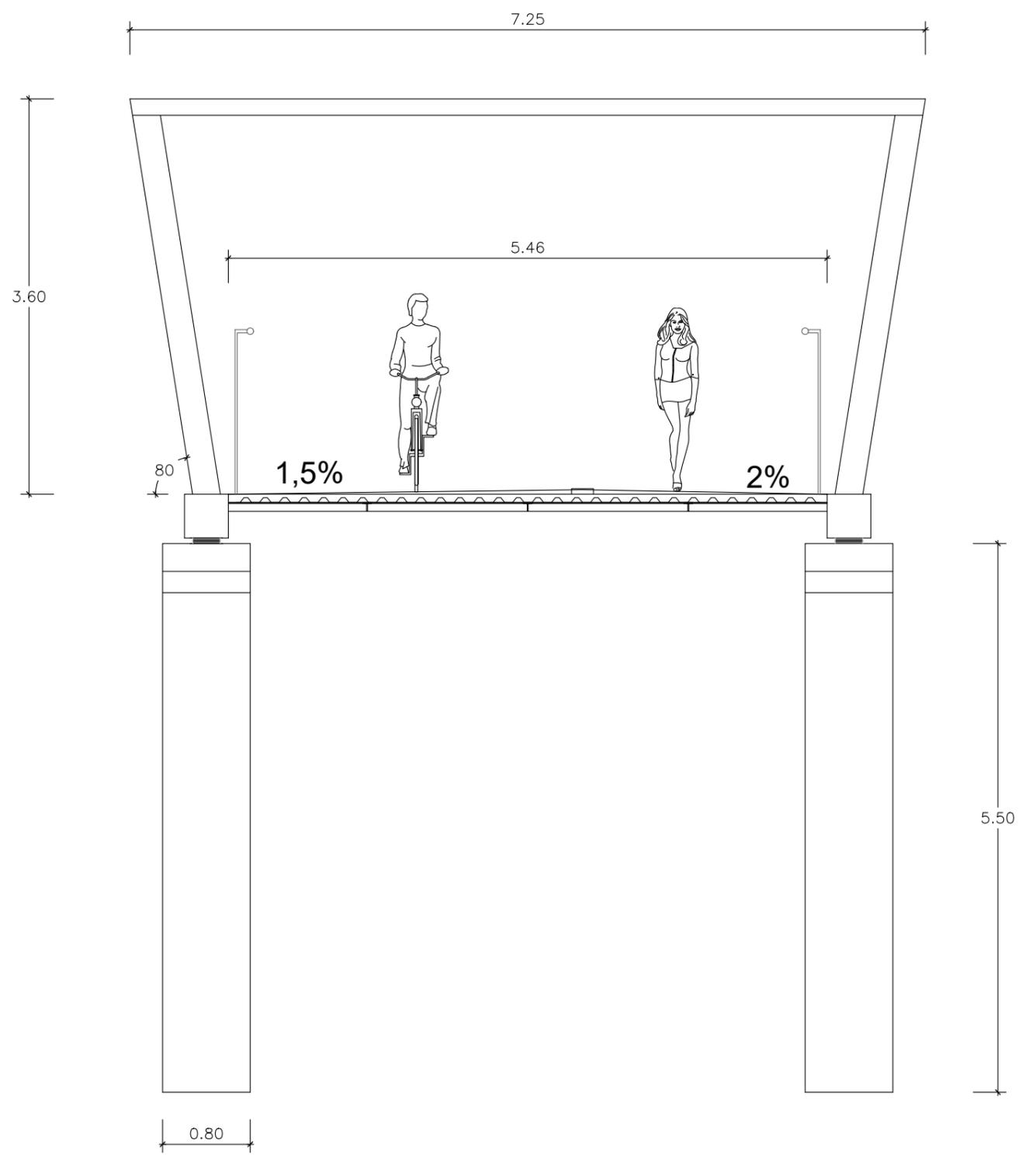
ESTUDIO DE SOLUCIONES PARA LA PASARELA SOBRE LA CARRETERA CV-500 EN PINEDO (VALENCIA) MEDIANTE ANÁLISIS DEL CICLO DE VIDA Y MÉTODO AHP

ALZADO ALTERNATIVA 4

Escala:
INDICADAS

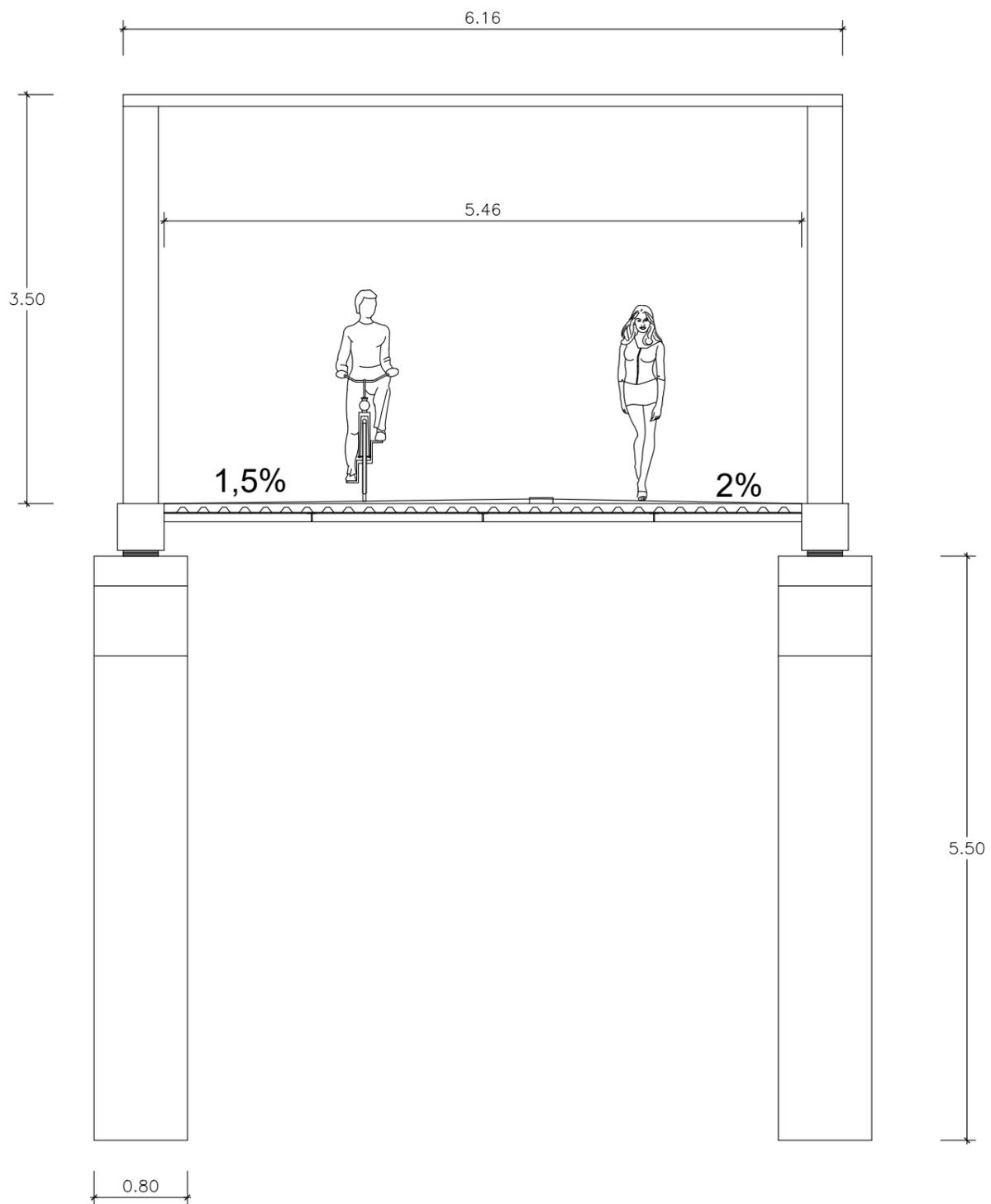
Plano nº:
6

SECCIÓN TRANSVERSAL ALTERNATIVA 1
Escala 1:50



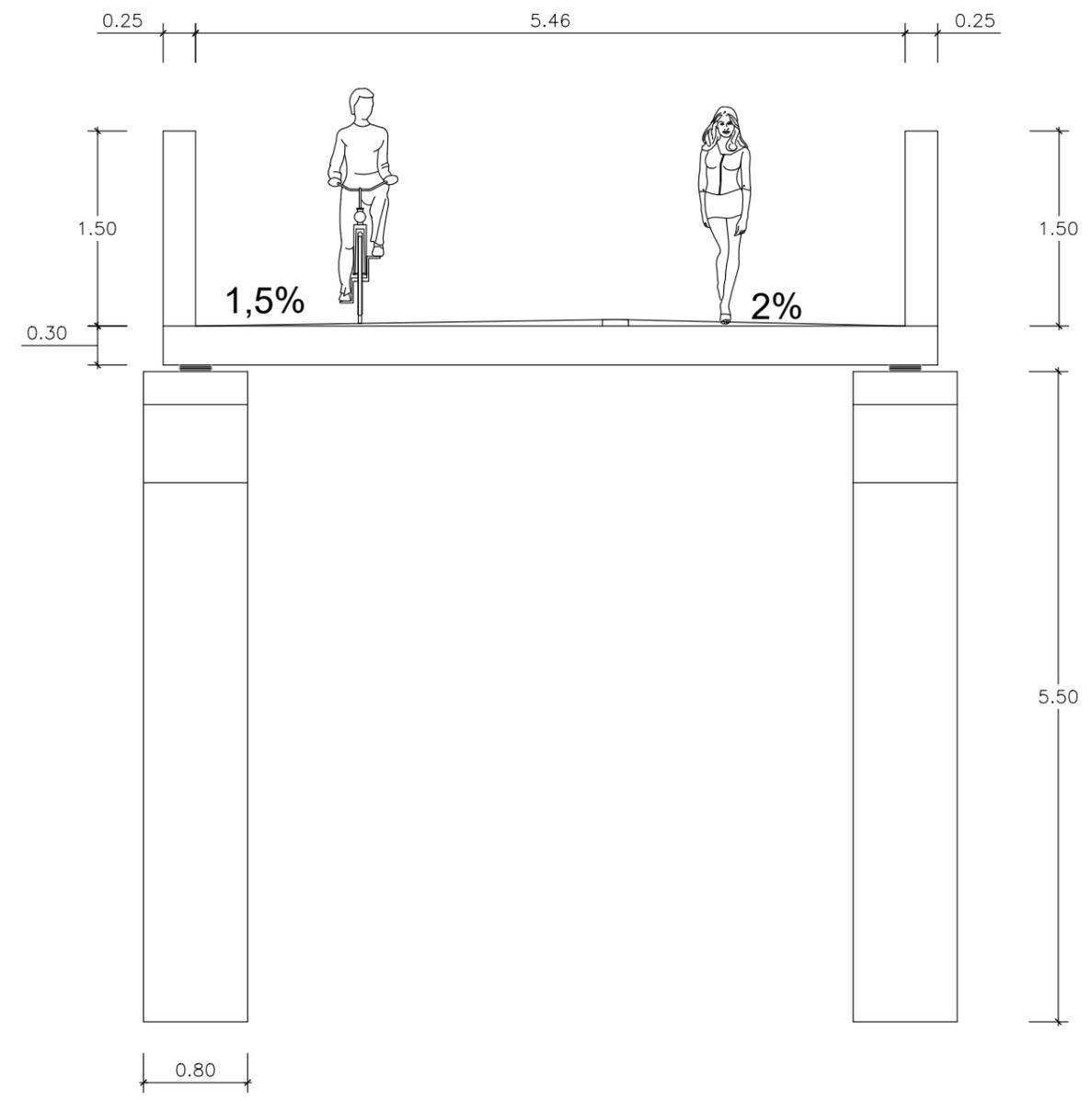
Cuadro de materiales					
Elementos	Localización	Especificaciones	Coef. seguridad	Nivel de control	Recubrimiento (mm)
Acero	Alternativas 1,2,4	S355 JR	1,050	Normal	-
Hormigón	Toda la alternativa 3	HA-35	1,500	Estadístico	35
Acero pasivo	Barra alternativa 3	B500S	1,150	Normal	-
Acero activo	Cables alternativa 4	Y-1860 S7	1,150	Normal	-
Hormigón	Piso de las alternativas 1,2,4	HA-25	-	Normal	-
Ejecución	Según IAP-11 (2012)			Normal	-

SECCIÓN TRANSVERSAL ALTERNATIVA 2
Escala 1:50



Cuadro de materiales					
Elementos	Localización	Especificaciones	Coef. seguridad	Nivel de control	Recubrimiento (mm)
Acero	Alternativas 1,2,4	S355 JR	1,050	Normal	-
Hormigón	Toda la alternativa 3	HA-35	1,500	Estadístico	35
Acero pasivo	Barra alternativa 3	B500S	1,150	Normal	-
Acero activo	Cables alternativa 4	Y-1860 S7	1,150	Normal	-
Hormigón	Piso de las alternativas 1,2,4	HA-25	-	Normal	-
Ejecución	Según IAP-11 (2012)			Normal	-

SECCIÓN TRANSVERSAL ALTERNATIVA 3
Escala 1:50



Cuadro de materiales					
Elementos	Localización	Especificaciones	Coef. seguridad	Nivel de control	Recubrimiento (mm)
Acero	Alternativas 1,2,4	S355 JR	1,050	Normal	-
Hormigón	Toda la alternativa 3	HA-35	1,500	Estadístico	35
Acero pasivo	Barra alternativa 3	B500S	1,150	Normal	-
Acero activo	Cables alternativa 4	Y-1860 S7	1,150	Normal	-
Hormigón	Piso de las alternativas 1,2,4	HA-25	-	Normal	-
Ejecución	Según IAP-11 (2012)			Normal	-



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS

Autor:
Alberto García Cárcel
Alto

ESTUDIO DE SOLUCIONES PARA LA PASARELA SOBRE LA CARRETERA CV-500 EN PINEDO (VALENCIA) MEDIANTE ANÁLISIS DEL CICLO DE VIDA Y MÉTODO AHP

SECCIÓN TRANSVERSAL ALTERNATIVA 3

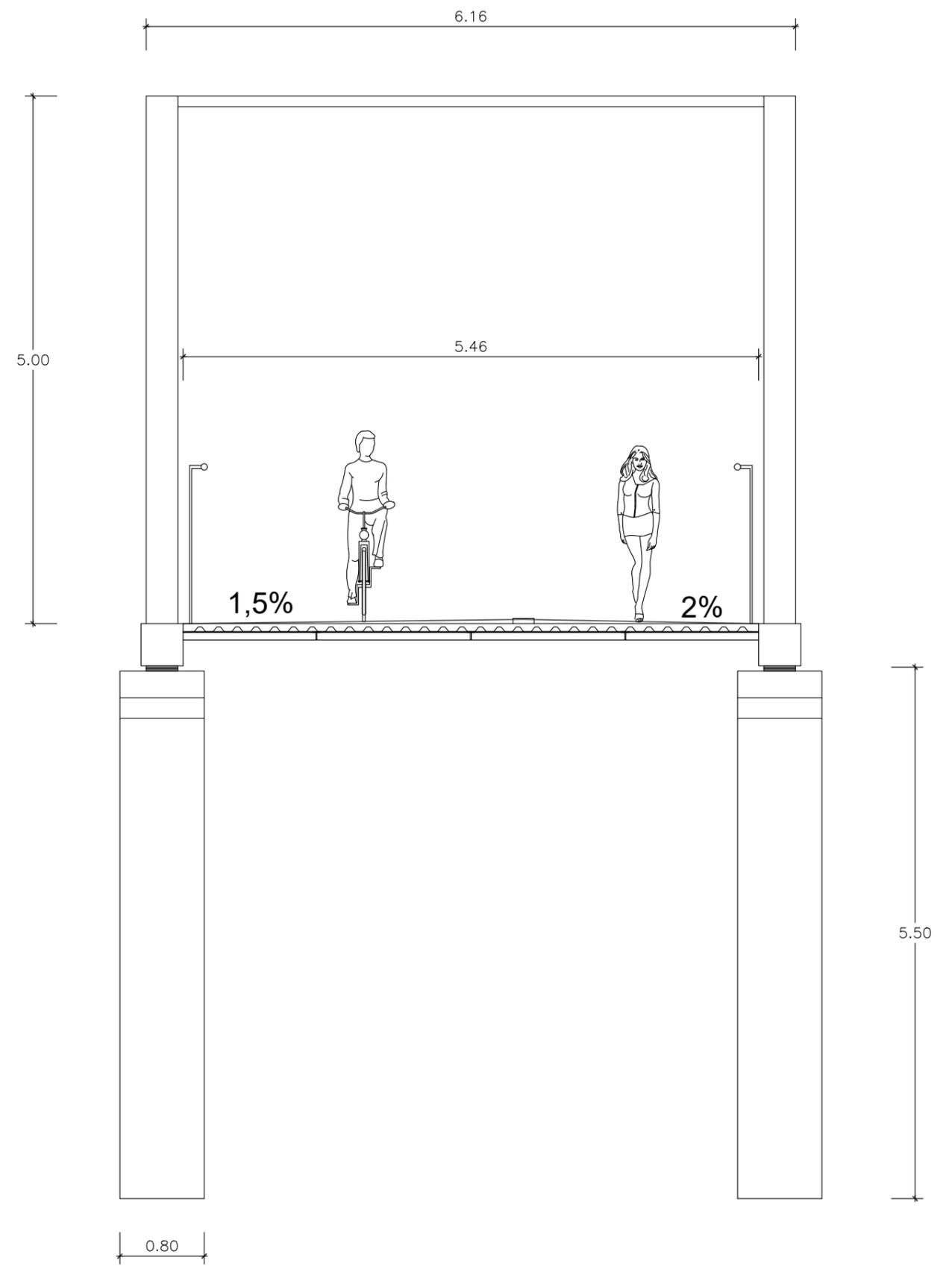
Escala:
INDICADAS

Plano nº:
9

CREADO CON UNA VERSION PARA ESTUDIANTES DE AUTODESK

CREADO CON UNA VERSION PARA ESTUDIANTES DE AUTODESK

SECCIÓN TRANSVERSAL ALTERNATIVA 4
Escala 1:50

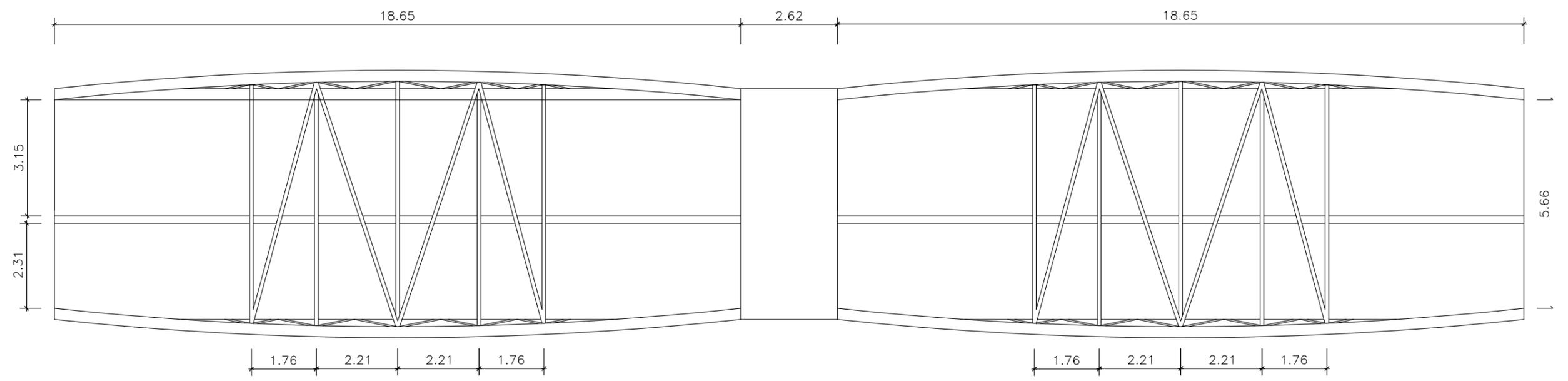


Cuadro de materiales					
Elementos	Localización	Especificaciones	Coef. seguridad	Nivel de control	Recubrimiento (mm)
Acero	Alternativas 1,2,4	S355 JR	1,050	Normal	-
Hormigón	Toda la alternativa 3	HA-35	1,500	Estadístico	35
Acero pasivo	Barra alternativa 3	B500S	1,150	Normal	-
Acero activo	Cables alternativa 4	Y-1860 S7	1,150	Normal	-
Hormigón	Piso de las alternativas 1,2,4	HA-25	-	Normal	-
Ejecución	Según IAP-11 (2012)			Normal	-

CREADO CON UNA VERSION PARA ESTUDIANTES DE AUTODESK

CREADO CON UNA VERSION PARA ESTUDIANTES DE AUTODESK

PLANTA ALTERNATIVA 1
Escala 1:120



Cuadro de materiales					
Elementos	Localización	Especificaciones	Coef. seguridad	Nivel de control	Recubrimiento (mm)
Acero	Alternativas 1,2,4	S355 JR	1,050	Normal	-
Hormigón	Toda la alternativa 3	HA-35	1,500	Estadístico	35
Acero pasivo	Barra alternativa 3	B500S	1,150	Normal	-
Acero activo	Cables alternativa 4	Y-1860 S7	1,150	Normal	-
Hormigón	Piso de las alternativas 1,2,4	HA-25	-	Normal	-
Ejecución	Según IAP-11 (2012)			Normal	-



UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA
ESCUOLA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS

Autor:
Alberto García Cárcel
Alto

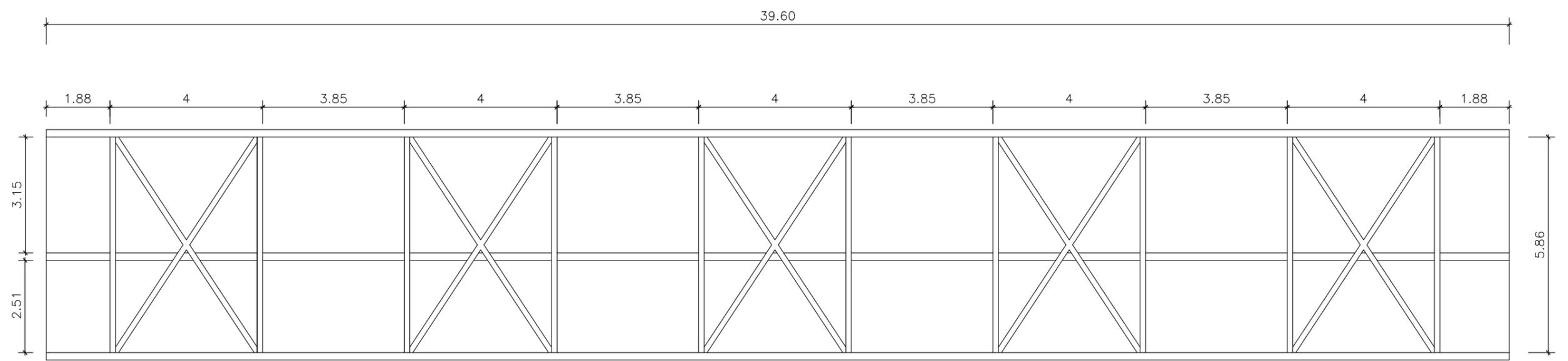
ESTUDIO DE SOLUCIONES PARA LA PASARELA SOBRE LA CARRETERA CV-500 EN PINEDO (VALENCIA) MEDIANTE ANÁLISIS DEL CICLO DE VIDA Y MÉTODO AHP

PLANTA ALTERNATIVA 1

Escala:
INDICADAS

Plano nº:
11

PLANTA ALTERNATIVA 2
Escala 1:120



Cuadro de materiales					
Elementos	Localización	Especificaciones	Coef. seguridad	Nivel de control	Recubrimiento (mm)
Acero	Alternativas 1,2,4	S355 JR	1,050	Normal	-
Hormigón	Toda la alternativa 3	HA-35	1,500	Estadístico	35
Acero pasivo	Barra alternativa 3	B500S	1,150	Normal	-
Acero activo	Cables alternativa 4	Y-1860 S7	1,150	Normal	-
Hormigón	Piso de las alternativas 1,2,4	HA-25	-	Normal	-
Ejecución	Según IAP-11 (2012)			Normal	-



UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA
ESCUOLA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS

Autor:
Alberto García Cárcel
Alberto

ESTUDIO DE SOLUCIONES PARA LA PASARELA SOBRE LA CARRETERA CV-500 EN PINEDO (VALENCIA) MEDIANTE ANÁLISIS DEL CICLO DE VIDA Y MÉTODO AHP

PLANTA ALTERNATIVA 2

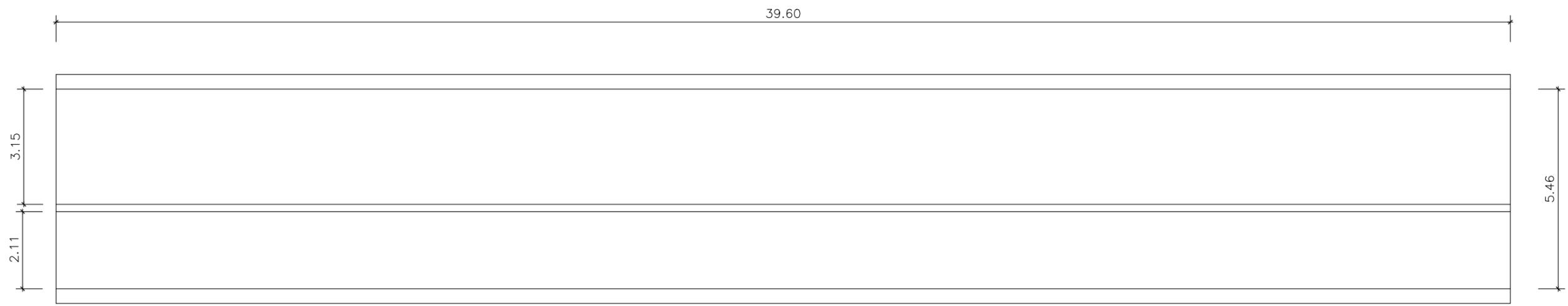
Escala:
INDICADAS

Plano nº:
12

CREADO CON UNA VERSION PARA ESTUDIANTES DE AUTODESK

CREADO CON UNA VERSION PARA ESTUDIANTES DE AUTODESK

PLANTA ALTERNATIVA 3
Escala 1:120



Cuadro de materiales					
Elementos	Localización	Especificaciones	Coef. seguridad	Nivel de control	Recubrimiento (mm)
Acero	Alternativas 1,2,4	S355 JR	1,050	Normal	-
Hormigón	Toda la alternativa 3	HA-35	1,500	Estadístico	35
Acero pasivo	Barra alternativa 3	B500S	1,150	Normal	-
Acero activo	Cables alternativa 4	Y-1860 S7	1,150	Normal	-
Hormigón	Piso de las alternativas 1,2,4	HA-25	-	Normal	-
Ejecución	Según IAP-11 (2012)			Normal	-



UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA
ESCUOLA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS

Autor:
Alberto García Cárcel
Alto

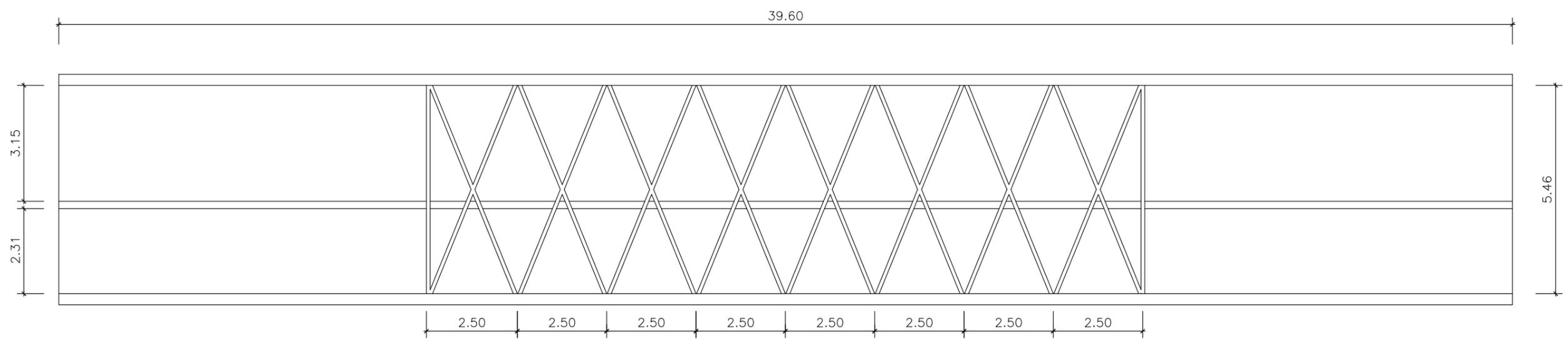
ESTUDIO DE SOLUCIONES PARA LA PASARELA SOBRE LA CARRETERA CV-500 EN PINEDO (VALENCIA) MEDIANTE ANÁLISIS DEL CICLO DE VIDA Y MÉTODO AHP

PLANTA ALTERNATIVA 3

Escala:
INDICADAS

Plano nº:
13

PLANTA ALTERNATIVA 4
Escala 1:120



Cuadro de materiales					
Elementos	Localización	Especificaciones	Coef. seguridad	Nivel de control	Recubrimiento (mm)
Acero	Alternativas 1,2,4	S355 JR	1,050	Normal	-
Hormigón	Toda la alternativa 3	HA-35	1,500	Estadístico	35
Acero pasivo	Barra alternativa 3	B500S	1,150	Normal	-
Acero activo	Cables alternativa 4	Y-1860 S7	1,150	Normal	-
Hormigón	Piso de las alternativas 1,2,4	HA-25	-	Normal	-
Ejecución	Según IAP-11 (2012)			Normal	-



UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA
ESCUOLA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS

Autor:
Alberto García Cárcel
Alto

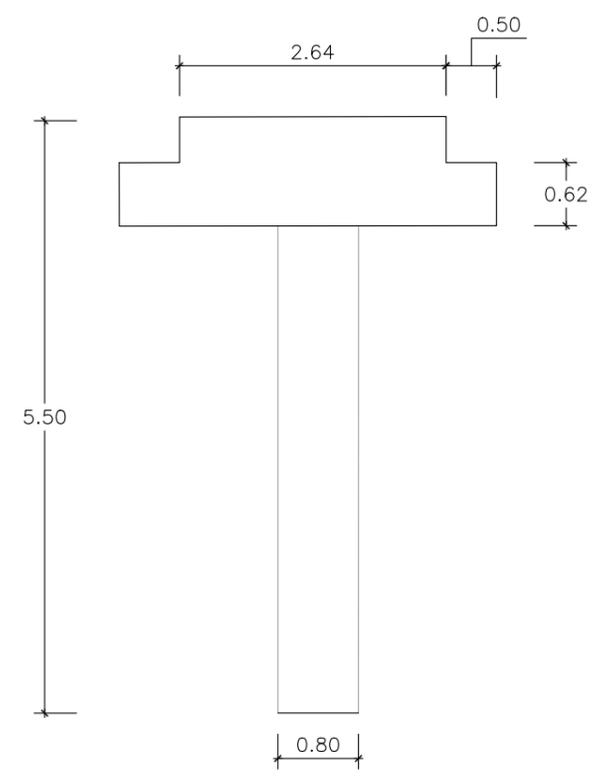
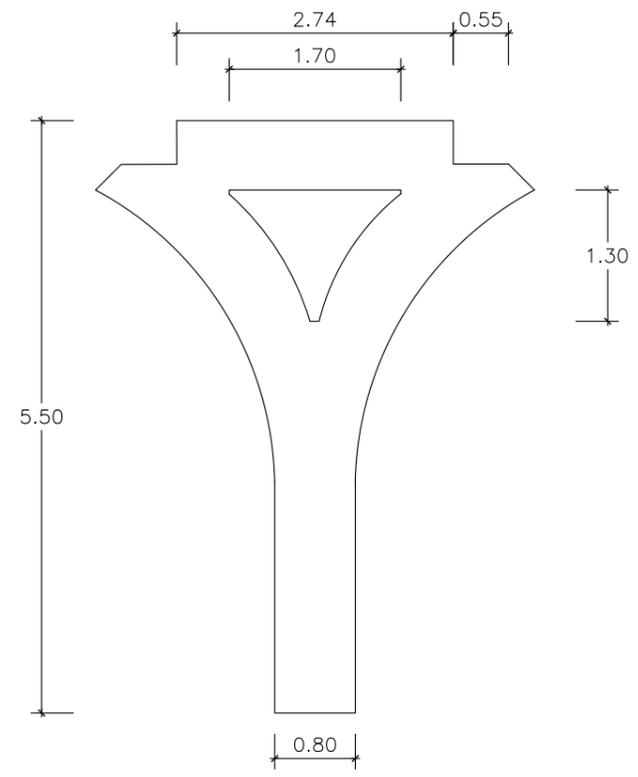
ESTUDIO DE SOLUCIONES PARA LA PASARELA SOBRE LA CARRETERA CV-500 EN PINEDO (VALENCIA) MEDIANTE ANÁLISIS DEL CICLO DE VIDA Y MÉTODO AHP

PLANTA ALTERNATIVA 4

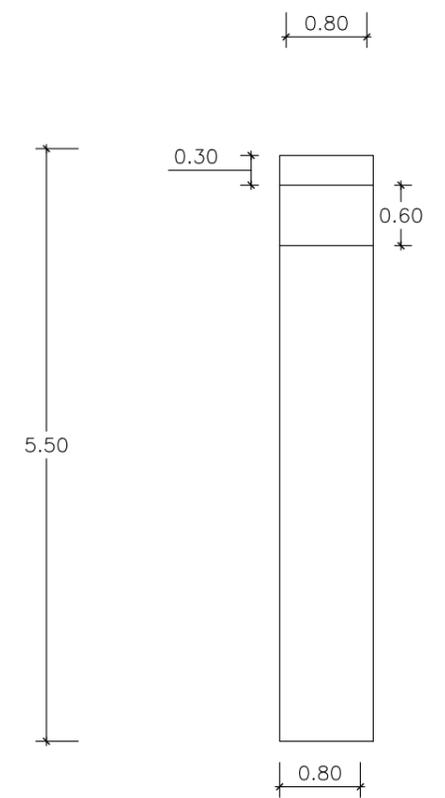
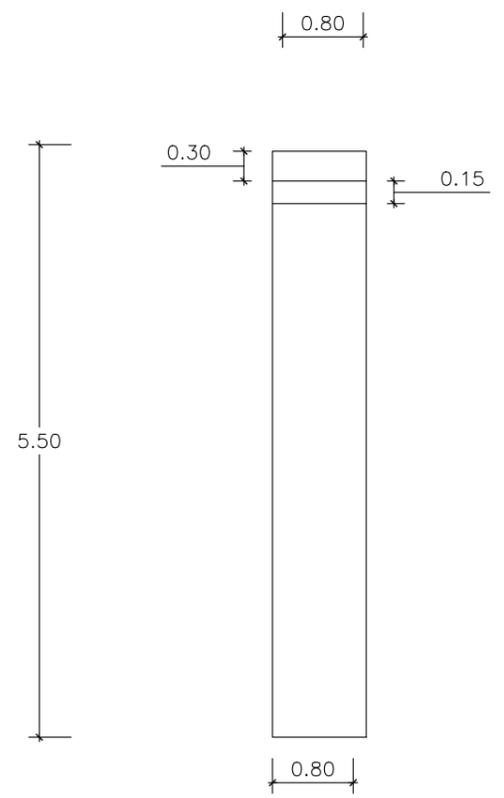
Escala:
INDICADAS

Plano nº:
14

ALZADO PILAS
Escala 1:70



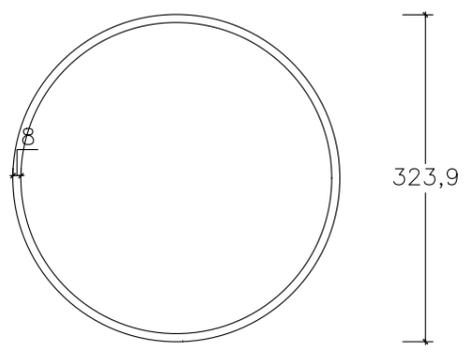
PERFIL PILAS
Escala 1:70



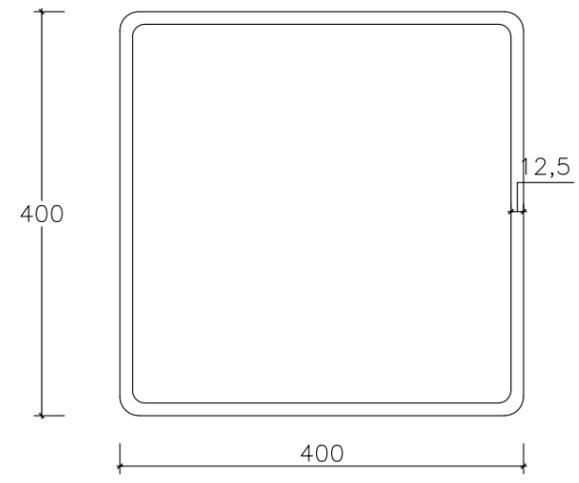
CREADO CON UNA VERSION PARA ESTUDIANTES DE AUTODESK

CREADO CON UNA VERSION PARA ESTUDIANTES DE AUTODESK

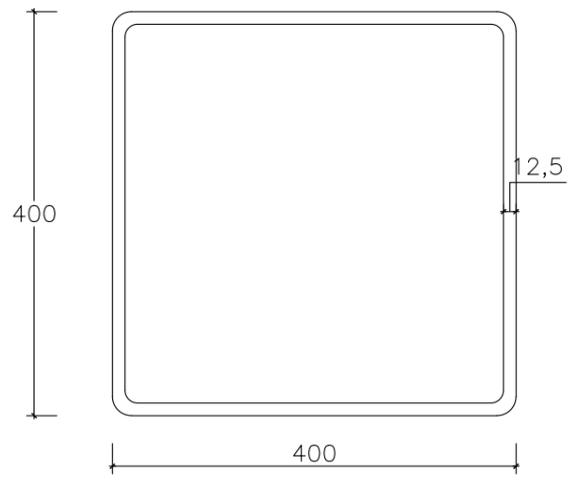
ARCO
Escala 1:5 cotas: mm



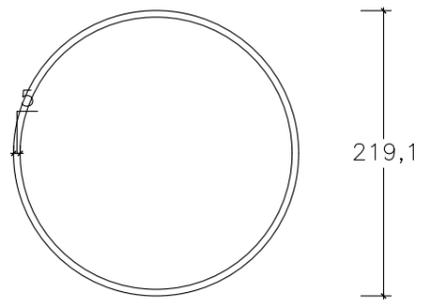
VIGA DE APOYO
Escala 1:5 cotas: mm



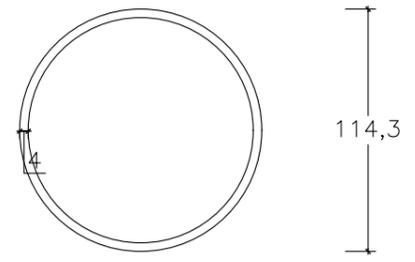
VIGA LONGITUDINAL
Escala 1:5 cotas: mm



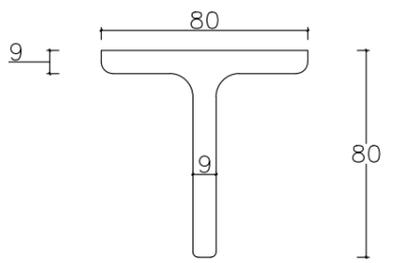
DIAGONALES
Escala 1:5 cotas: mm



VIGAS DE ARRIOSTRAMIENTO
Escala 1:5 cotas: mm

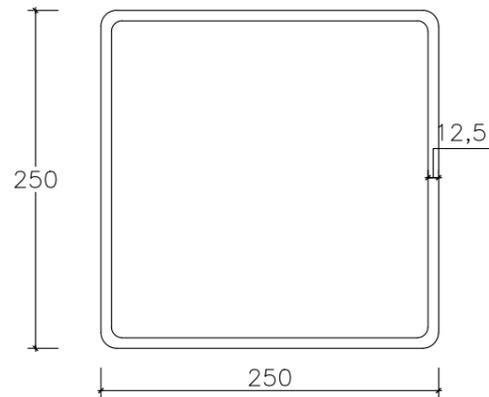


VIGAS DE PISO
Escala 1:2 cotas: mm

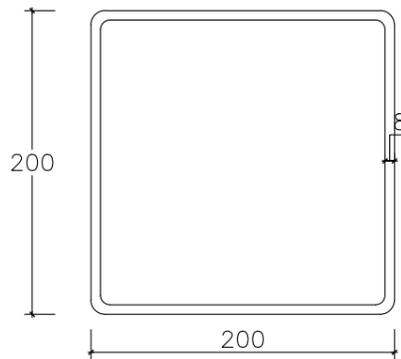


Cuadro de materiales					
Elementos	Localización	Especificaciones	Coef. seguridad	Nivel de control	Recubrimiento (mm)
Acero	Alternativas 1,2,4	S355 JR	1,050	Normal	-
Hormigón	Toda la alternativa 3	HA-35	1,500	Estadístico	35
Acero pasivo	Barra alternativa 3	B500S	1,150	Normal	-
Acero activo	Cables alternativa 4	Y-1860 S7	1,150	Normal	-
Hormigón	Piso de las alternativas 1,2,4	HA-25	-	Normal	-
Ejecución	Según IAP-11 (2012)			Normal	-

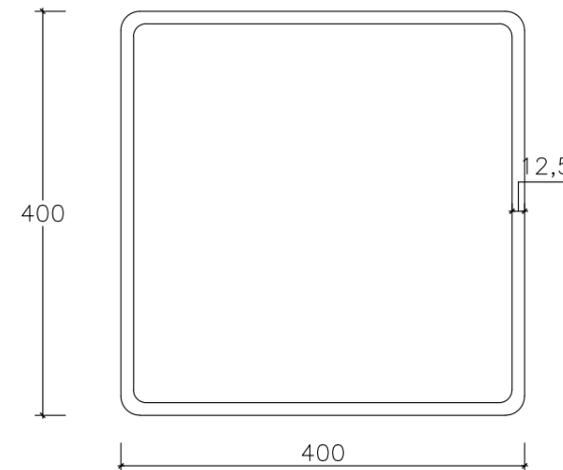
CORDÓN SUPERIOR
Escala 1:5 cotas: mm



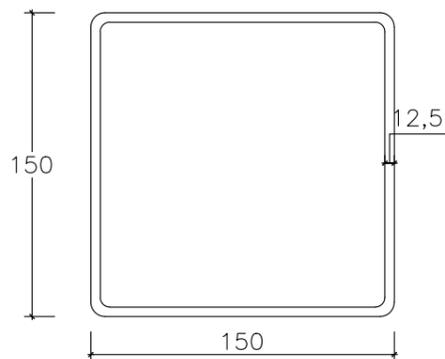
DIAGONALES
Escala 1:5 cotas: mm



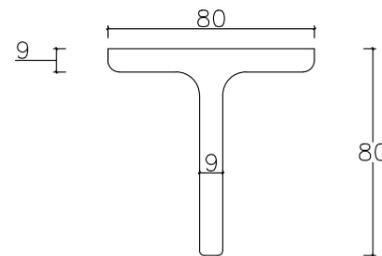
VIGA LONGITUDINAL
Escala 1:5 cotas: mm



VIGAS DE ARRIOSTRAMIENTO
Escala 1:5 cotas: mm

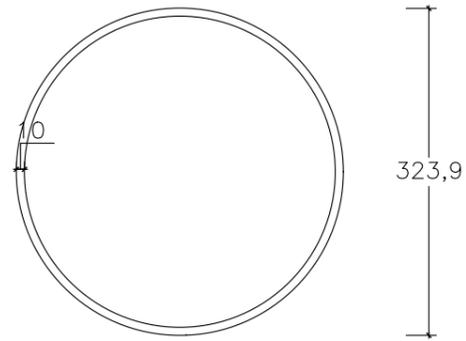


VIGAS DE PISO
Escala 1:2 cotas: mm

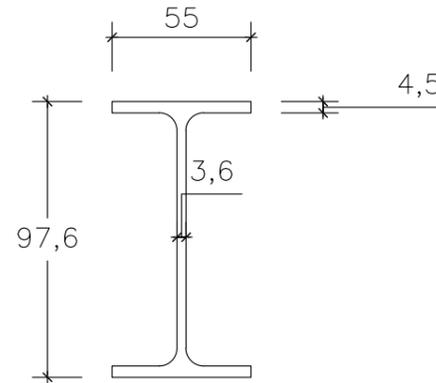


Cuadro de materiales					
Elementos	Localización	Especificaciones	Coef. seguridad	Nivel de control	Recubrimiento (mm)
Acero	Alternativas 1,2,4	S355 JR	1,050	Normal	-
Hormigón	Toda la alternativa 3	HA-35	1,500	Estadístico	35
Acero pasivo	Barra alternativa 3	B500S	1,150	Normal	-
Acero activo	Cables alternativa 4	Y-1860 S7	1,150	Normal	-
Hormigón	Piso de las alternativas 1,2,4	HA-25	-	Normal	-
Ejecución	Según IAP-11 (2012)			Normal	-

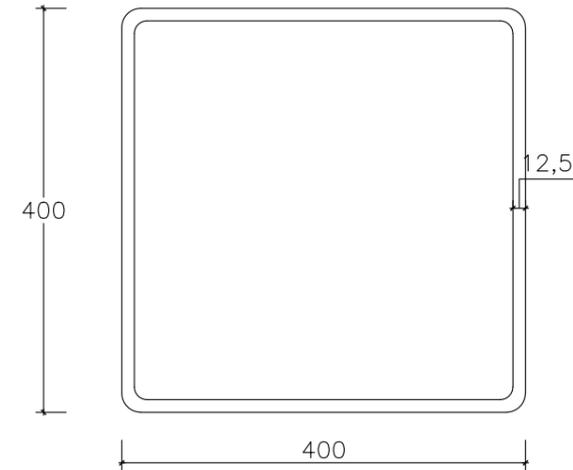
ARCO
Escala 1:5 cotas: mm



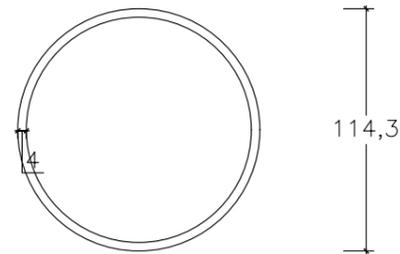
VIGA IPEAA100
Escala 1:10 cotas: mm



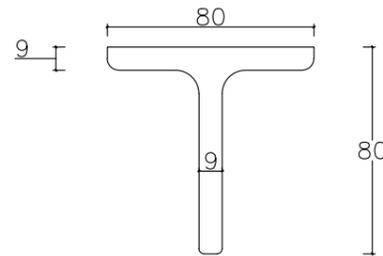
VIGA LONGITUDINAL
Escala 1:5 cotas: mm



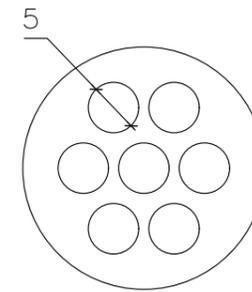
VIGA DE ARRIOSTRAMIENTO
Escala 1:5 cotas: mm



VIGAS DE PISO
Escala 1:5 cotas: mm

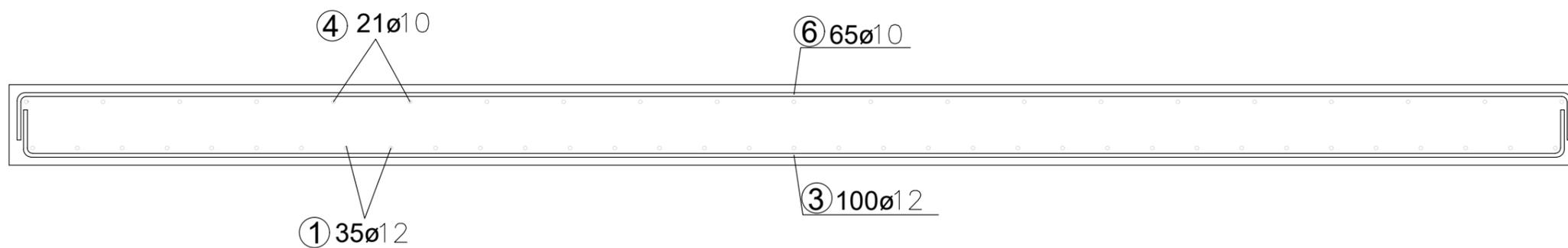


PÉNDOLAS
Escala 1:10 cotas: mm

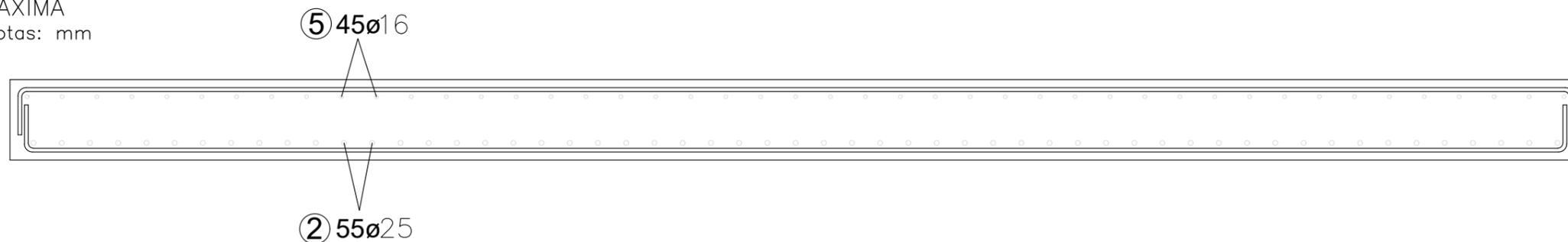


Cuadro de materiales					
Elementos	Localización	Especificaciones	Coef. seguridad	Nivel de control	Recubrimiento (mm)
Acero	Alternativas 1,2,4	S355 JR	1,050	Normal	-
Hormigón	Toda la alternativa 3	HA-35	1,500	Estadístico	35
Acero pasivo	Barra alternativa 3	B500S	1,150	Normal	-
Acero activo	Cables alternativa 4	Y-1860 S7	1,150	Normal	-
Hormigón	Piso de las alternativas 1,2,4	HA-25	-	Normal	-
Ejecución	Según IAP-11 (2012)			Normal	-

CUANTÍA MÍNIMA
Escala 1:10 cotas: mm



CUANTÍA MÁXIMA
Escala 1:5 cotas: mm



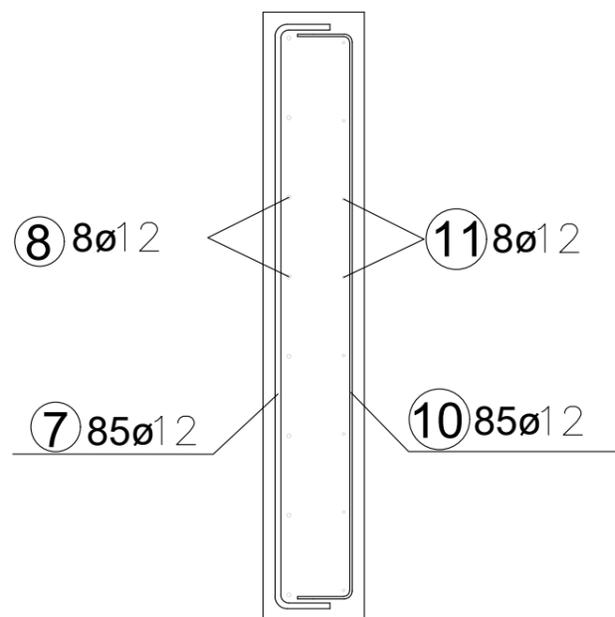
ARMADO DE LA LOSA

ID	ø(mm)	Nº piezas	L (m)	L total (m)	Peso (kg/m)	Peso total (kg)
1	12	70	12	840	0,62	520,8
1	12	70	7,3	511	0,62	316,82
2	25	110	7,7	847	1,21	1024,87
3	12	200	6,46	1292	1,21	1563,32
4	10	42	12	504	0,62	312,48
4	10	42	7,3	306,6	2	613,2
5	16	90	5,7	513	1,21	620,73
6	10	130	6,46	839,8	3,85	3233,23

Cuadro de materiales

Elementos	Localización	Especificaciones	Coef. seguridad	Nivel de control	Recubrimiento (mm)
Acero	Alternativas 1,2,4	S355 JR	1,050	Normal	-
Hormigón	Toda la alternativa 3	HA-35	1,500	Estadístico	35
Acero pasivo	Barras alternativa 3	B500S	1,150	Normal	-
Acero activo	Cables alternativa 4	Y-1860 S7	1,150	Normal	-
Hormigón	Piso de las alternativas 1,2,4	HA-25	-	Normal	-
Ejecución	Según IAP-11 (2012)			Normal	-

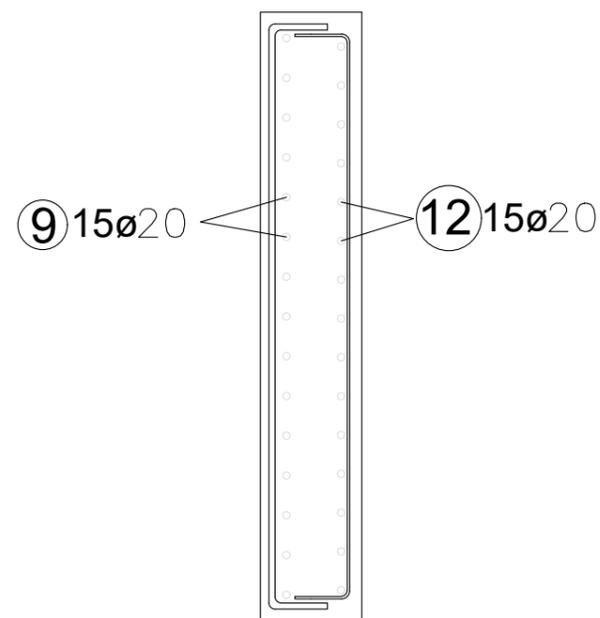
CUANTÍA MÍNIMA
Escala 1:40 cotas: mm



ARMADO DE LOS MUROS

ID	ø(mm)	Nº piezas	L (m)	L total (m)	Peso (kg/m)	Peso total (kg)
7	12	340	1,5	510	0,39	198,9
8	12	32	12	384	0,39	149,76
8	12	32	7,3	233,6	1,21	282,66
9	20	120	2	240	6,31	1514,4
10	12	340	1,5	510	0,39	198,9
11	12	32	12	384	3,85	1478,4
11	12	32	7,3	233,6	1,21	282,66
12	20	120	2	240	6,31	1514,4

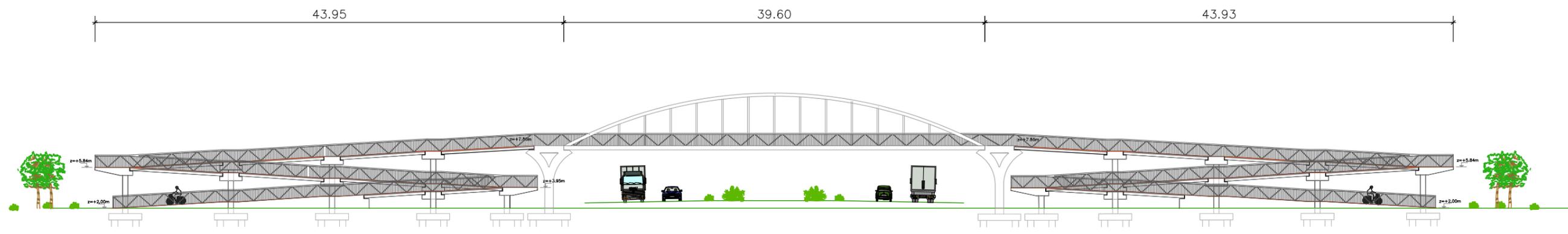
CUANTÍA MÁXIMA
Escala 1:40 cotas: mm



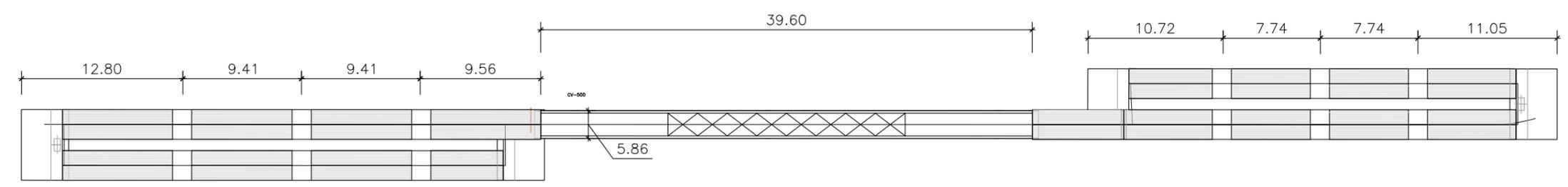
Cuadro de materiales

Elementos	Localización	Especificaciones	Coef. seguridad	Nivel de control	Recubrimiento (mm)
Acero	Alternativas 1,2,4	S355 JR	1,050	Normal	-
Hormigón	Toda la alternativa 3	HA-35	1,500	Estadístico	35
Acero pasivo	Barras alternativa 3	B500S	1,150	Normal	-
Acero activo	Cables alternativa 4	Y-1860 S7	1,150	Normal	-
Hormigón	Piso de las alternativas 1,2,4	HA-25	-	Normal	-
Ejecución	Según IAP-11 (2012)			Normal	-

ALZADO GENERAL
Escala 1:400



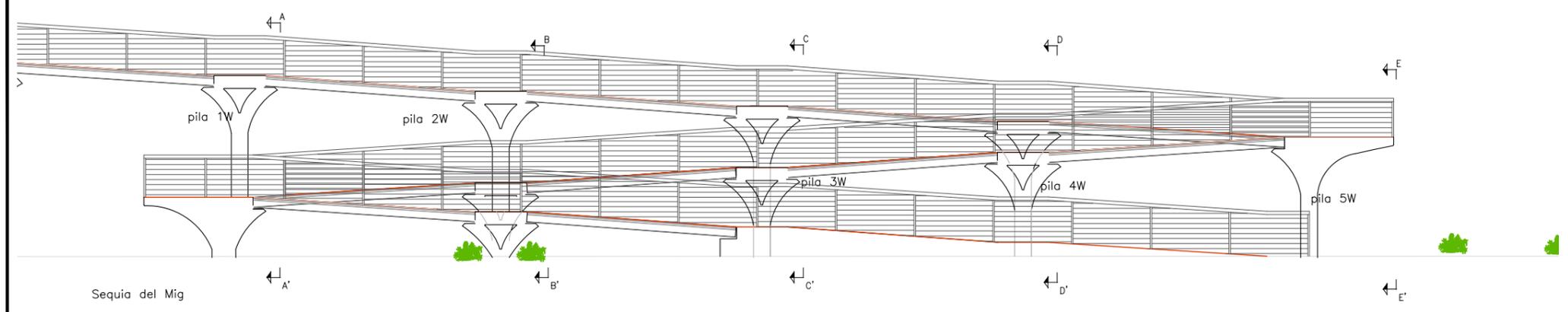
PLANTA GENERAL
Escala 1:400



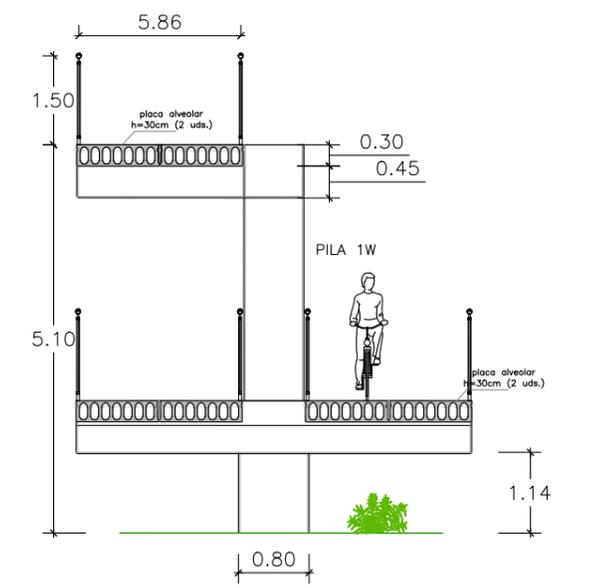
CREADO CON UNA VERSION PARA ESTUDIANTES DE AUTODESK

CREADO CON UNA VERSION PARA ESTUDIANTES DE AUTODESK

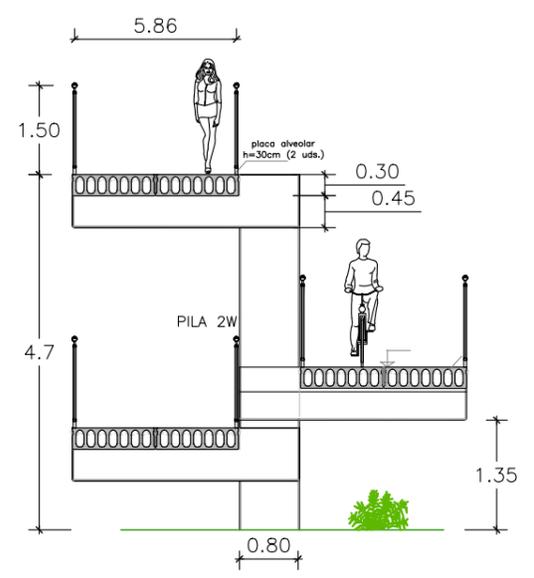
RAMPA DE ACCESO OESTE
Escala 1:160



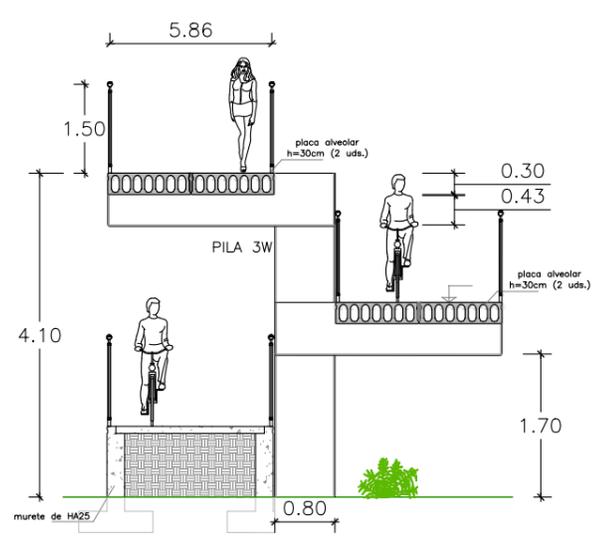
SECCIÓN A-A'
Escala 1:100



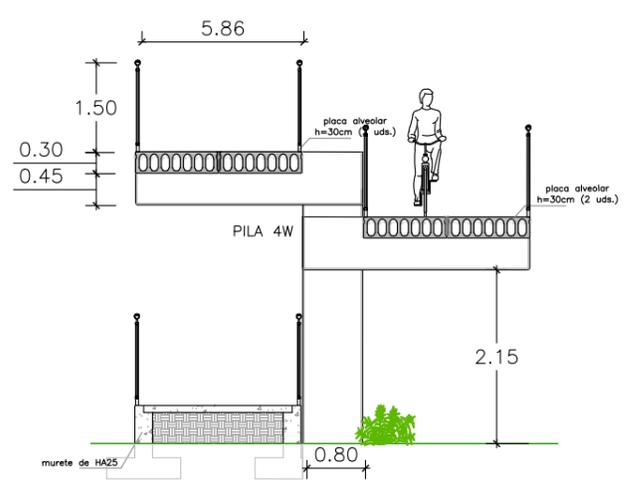
SECCIÓN B-B'
Escala 1:100



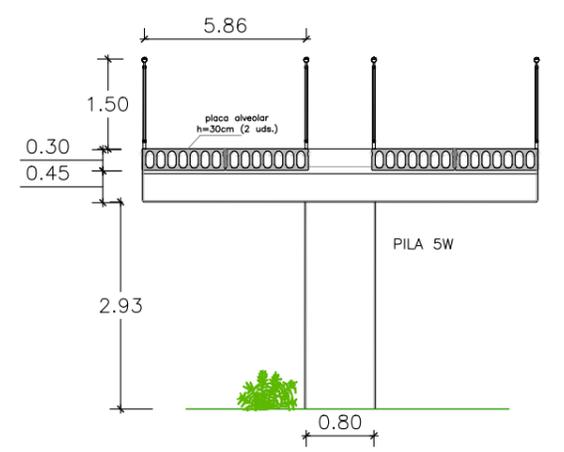
SECCIÓN C-C'
Escala 1:100



SECCIÓN D-D'
Escala 1:100



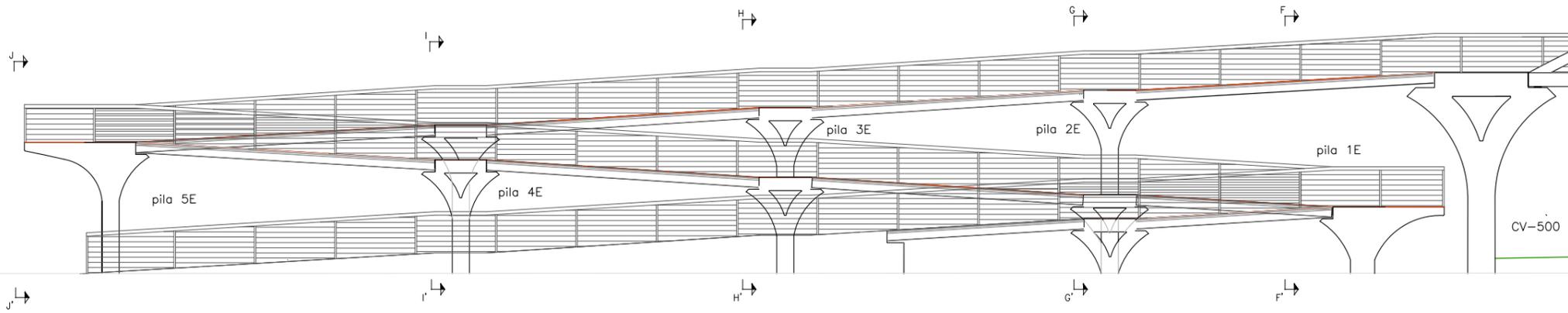
SECCIÓN E-E'
Escala 1:100



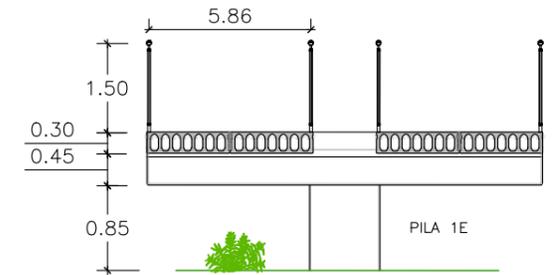
CREADO CON UNA VERSION PARA ESTUDIANTES DE AUTODESK

CREADO CON UNA VERSION PARA ESTUDIANTES DE AUTODESK

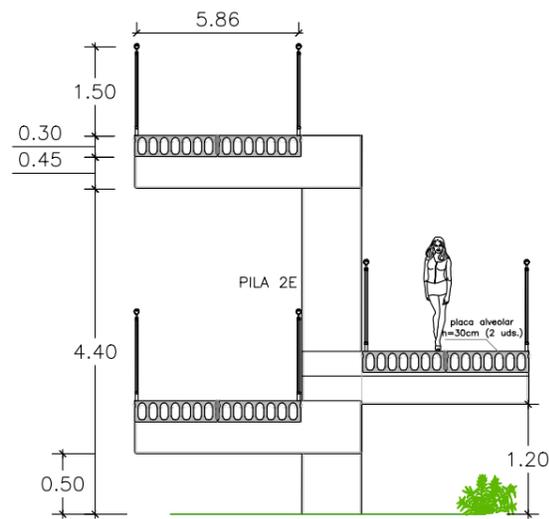
RAMPA DE ACCESO ESTE
Escala 1:160



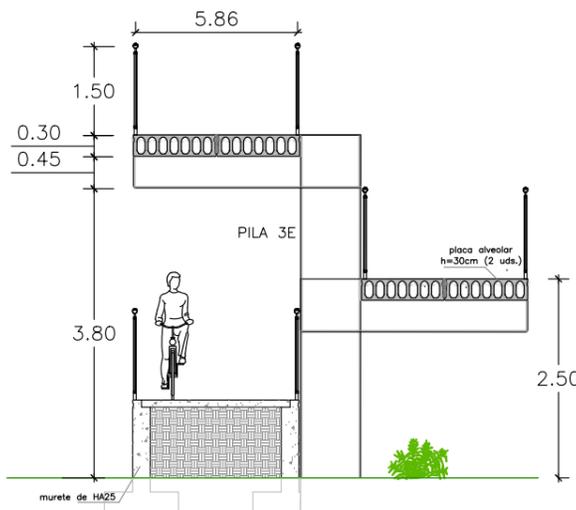
SECCIÓN F-F'
Escala 1:100



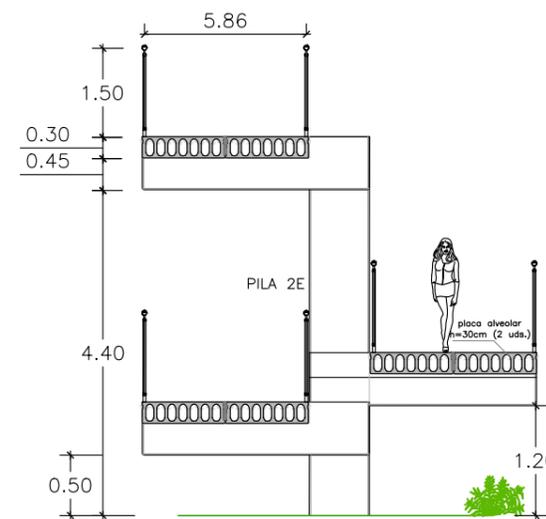
SECCIÓN G-G'
Escala 1:100



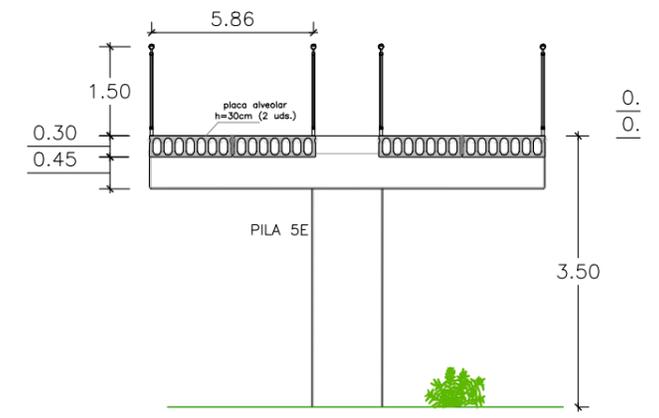
SECCIÓN H-H'
Escala 1:100



SECCIÓN I-I'
Escala 1:100



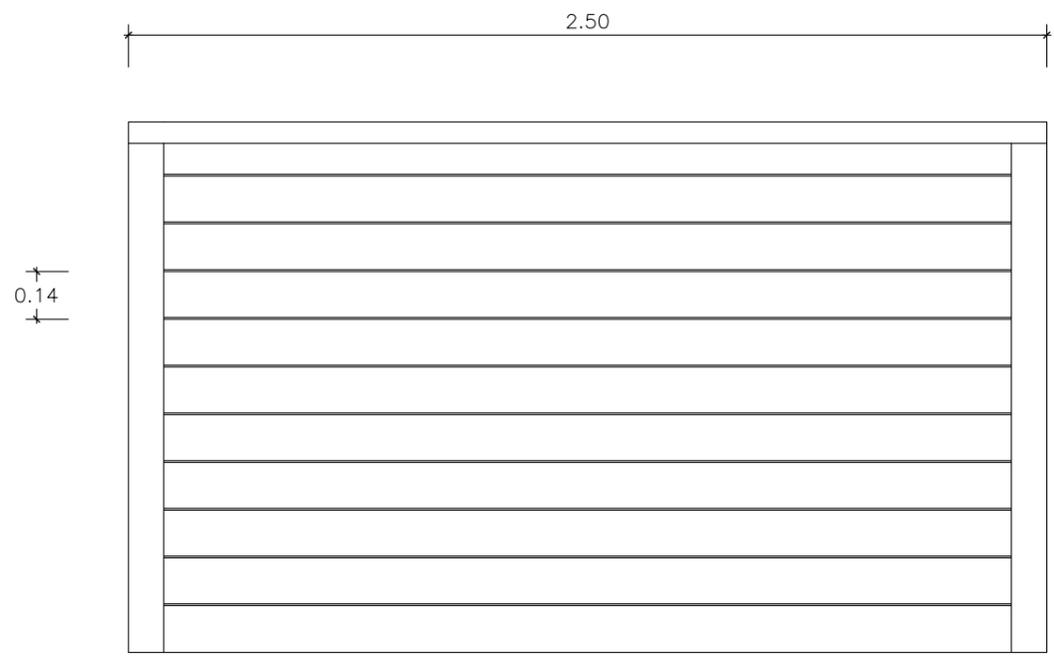
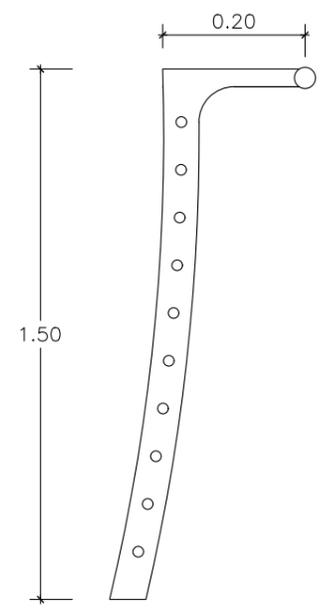
SECCIÓN J-J'
Escala 1:100



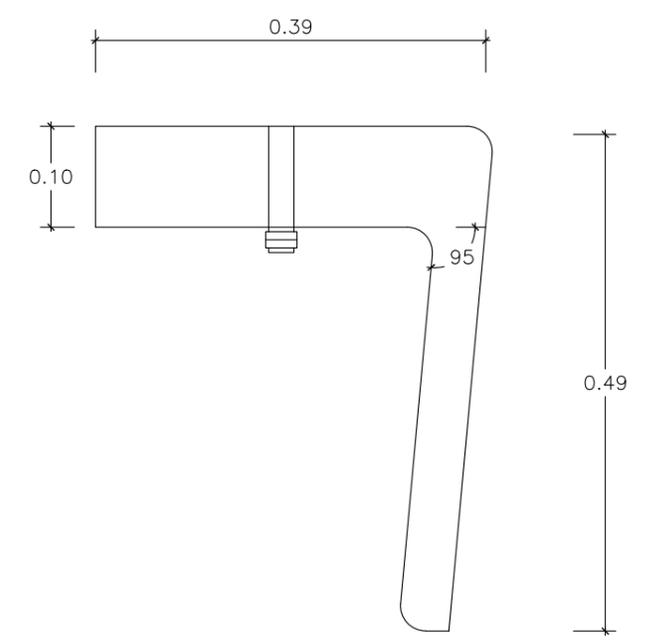
CREADO CON UNA VERSION PARA ESTUDIANTES DE AUTODESK

CREADO CON UNA VERSION PARA ESTUDIANTES DE AUTODESK

BARANDILLA
Escala 1:20



IMPOSTA
Escala 1:7



SISTEMA DE DESAGÜE
Escala 1:4

