



Proyecto Final de Grado

**Estudio y Refuerzo de Vigas de Hormigón
Armado, mediante Laminados
Compuestos, debido al Cambio de Uso,
en Ático.**



E.T.S.I.E



Alejandro Olmo Guillén.

1.-DATOS GENERALES DEL PROYECTO.

- **AUTOR:**

Alejandro Olmo Guillén.

- **DIRECTORES ACADÉMICOS:**

Inmaculada Tort Ausina.
Fernando Fargueta Cerdá.

- **ESCUELA:**

Escuela Técnica Superior de Ingeniería de la
Edificación.

2.- OBJETIVOS.

Este proyecto trata como bien muestra su título, del estudio y refuerzo de una viga de hormigón armado, mediante laminados compuestos, debido al cambio de uso, en ático. Nuestro vivienda a actuar, es un ático con terraza, en la cual queremos realizar el cambio de uso, instalando un SPA.

En él, los objetivos serán:

- ❑ Estudio del Edificio del proyecto.
- ❑ Estudiar y analizar la resistencia de la estructura, en el estado actual.
- ❑ Estudiar y analizar la resistencia de la estructura, con el nuevo cambio de uso, calculándolo con todas las cargas debido a este cambio de uso.
- ❑ Comprobaciones a la estructura según normativas.
- ❑ Estudio y análisis comparativo de la viabilidad para poder realizar el nuevo cambio de uso.
- ❑ Recopilación y análisis de la información, tanto académica, como a nivel profesional (empresas).
- ❑ Calculo del refuerzo y elección de este, si así fuese necesario.
- ❑ Aprendizaje de diferentes programas de cálculo de estructuras.

3.- INTRODUCCION.

3.1.-Evolución e Introducción.

- Evolución y aparición de los materiales compuestos “composite”.



Introducción de los materiales compuestos en la construcción, con la aparición del carbono, aramida o el vidrio “S”, y cada vez más poliamidas y materiales o termoplásticos exóticos.

-Debido a sus cualidades

Superan a las aleaciones metálicas en:

- Resistencia
- Rigidez
- Son más ligeras
- Superiores características de fatiga
- Y son prácticamente Inmunes a la Corrosión.

- En la actualidad debido al boom que hubo de la Construcción y a las inmejorables cualidades de estos materiales, se están usando aun ritmo vertiginoso, ya sea por el deterioro de las estructuras, por un cambio de uso de estas, o debido a un refuerzo estructural.

- Ejemplos:



Refuerzo en pilares mediante

Fibra de carbono y resina



Refuerzo de Forjado con Mbrace
Laminate CF .Sevilla(BASF)



Antigua Audiencia de Santander. Epoxi (BASF)

3.2.- Los materiales Compuestos.

- Consisten en un sistema material de dos o mas fases a una escala macroscópica.
- Gran parte de sus propiedades depende de las propiedades de cada elemento, su geometría y muy importante la distribución de sus fases.

COMPOSITE: MATRIZ + FASE DISPERSA

- Composite esta formado por fibras embebidas en un resina o matriz cuyas propiedades son mejores a las que sus componentes presentan por separado. Las **fibras** aportan resistencia y rigidez, mientras que la **matriz** transmite los esfuerzos de unas fibras a otras y entre ellas, además de proteger a las fibras de posibles daños mecánicos y ambientales.
- Los TIPOS de fibras pueden ser:
 - ❑ De vidrio ➡ GFRP(Glass Fiber Reinforced Polymer).
 - ❑ De Carbono ➡ CFRP(Carbon Fiber Reinforced Polymer) .
 - ❑ De Aramida ➡ AFRP (Aramid Fiber Reinforced Polymer).

4.-DESCRIPCIÓN Y ESTUDIO DEL EDIFICIO, Y SUS MATERIALES ESTRUCTURALES.

4.1.-Características de la Estructura y sus Materiales.

- Estructura compuesta por soportes y jácenas planas. Forjado de HA-25/B/20/I (Cemento Portland, tipo CEM II/A-M 32,5 R(mixto)).
- En cuanto a coeficientes de seguridad utilizados son los de la EHE anterior a la EHE-08, es decir la EHE-98, ya que este edificio es anterior al 2008.
- El acero utilizado en el B500S

4.2.-Valores representativos de las acciones, Actuales.

-Según lo preceptuado en la Norma CTE-DB-AE, del Código Técnico, obtenemos las siguientes cargas:

• Cargas Permanentes de la **Planta Vivienda**  5,95 KN / m²

• Sobrecargas de Uso  2,00 KN/m²

CARGA TOTAL  7,95 KN/m².

• Cargas Permanentes **Terraza**  6,65 KN/m²

• Sobrecargas de Uso  1,2 KN/m²


CARGA TOTAL  7,85 KN/m².

Tanto los valores de cálculo de las acciones, como las hipótesis de carga y combinación de acciones, serán las establecidas en la EHE.

4.2.1-Resultado del estudio de las Cargas Actuales.

Para realizar el análisis y estudio de las cargas actuales, nos hemos apoyado en el programa CYPE 2011, mediante el cual hemos obtenido los diagramas de cargas, y así como también las leyes de estos, para su posterior estudio.

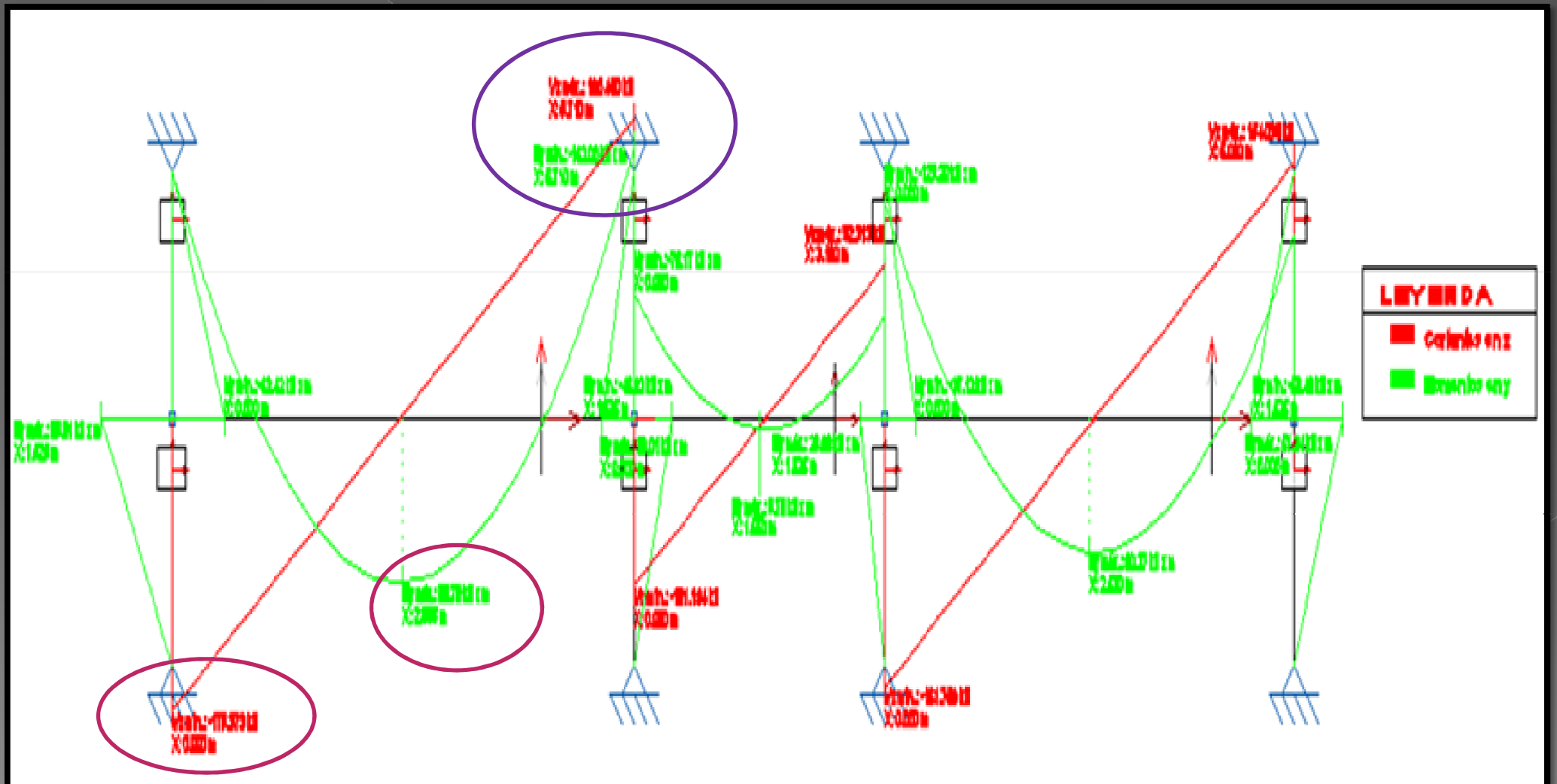
Así mediante estas cargas :

- Cargas permanentes de Viv + Terraza  32,885 KN/m
- Sobrecargas de Uso Viv + Terraza  7,78 KN/m
- Sobrecarga de Nieve  0,53 KN/m

Obtenemos los diagramas de momentos y cortantes, mostrados en la siguiente diapositiva, donde:

- El verde representa los diagramas de momentos, en el cual hemos elegido el más desfavorable para su estudio , por un lado el momento negativo máximo lo obtenemos en el pilar 6 con -162 KN x m, mientras que el momento máximo positivo lo obtenemos a 2,855m del pilar 5, con un valor de 98,79 KN x m, concordando estos valores con la futura ubicación del SPA. Por lo tanto el momento Md1 será 98,79 KN x m para momentos positivos, y Md1 para momentos negativos 162,00 KN x m.

-Por otro lado tenemos los cortante representados en rojo, donde los valores más desfavorables son: el máximo cortante negativo lo tenemos en el pilar 5 con un valor de -175,979 KN, y en el pilar 6 un valor de cortante máximo positivo de 172,20 KN.



4.3.-Valores representativos de las acciones, debidas al Cambio de Uso.

-Aquí en el cambio de uso del ático, hemos instalado en la terraza un SPA de dimensiones 4x2,4x1,1 m, pero antes de eso, hemos pavimentado de nuevo toda la terraza con piedra, sobre el pavimento ya existente, encima de está, donde va el SPA, se coloca una tarima de madera, y después para poder utilizar el Spa en invierno, esté, esta cubierto con una vidriera, la cual, de techumbre tiene cobertura de teja, todo esto con una pequeña estructura de acero.

-Igual que en el caso anterior estos datos son, según lo preceptuado en la Norma CTE-DB-AE, del Código Técnico, obtenemos las siguientes cargas:

• Cargas Permanentes de la **Planta Vivienda**  5,95 KN / m²

• Sobrecargas de Uso  2,00 KN/m²

CARGA TOTAL

7,95 KN/m

• Cargas Permanentes **Terraza**  19,57 KN/m²

• Sobrecargas de Uso  1,2 KN/m²

CARGA TOTAL

20,77 KN/m

Tanto los valores de cálculo de las acciones, como las hipótesis de carga y combinación de acciones, serán las establecidas en la EHE.

4.3.1-Resultado del estudio de las Cargas debidas al Cambio de Uso.

Para realizar el análisis y estudio de las cargas actuales, nos hemos apoyado en el programa CYPE 2011, mediante el cual hemos obtenido los diagramas de cargas, y así como también las leyes de momentos y cortantes, para su posterior estudio.

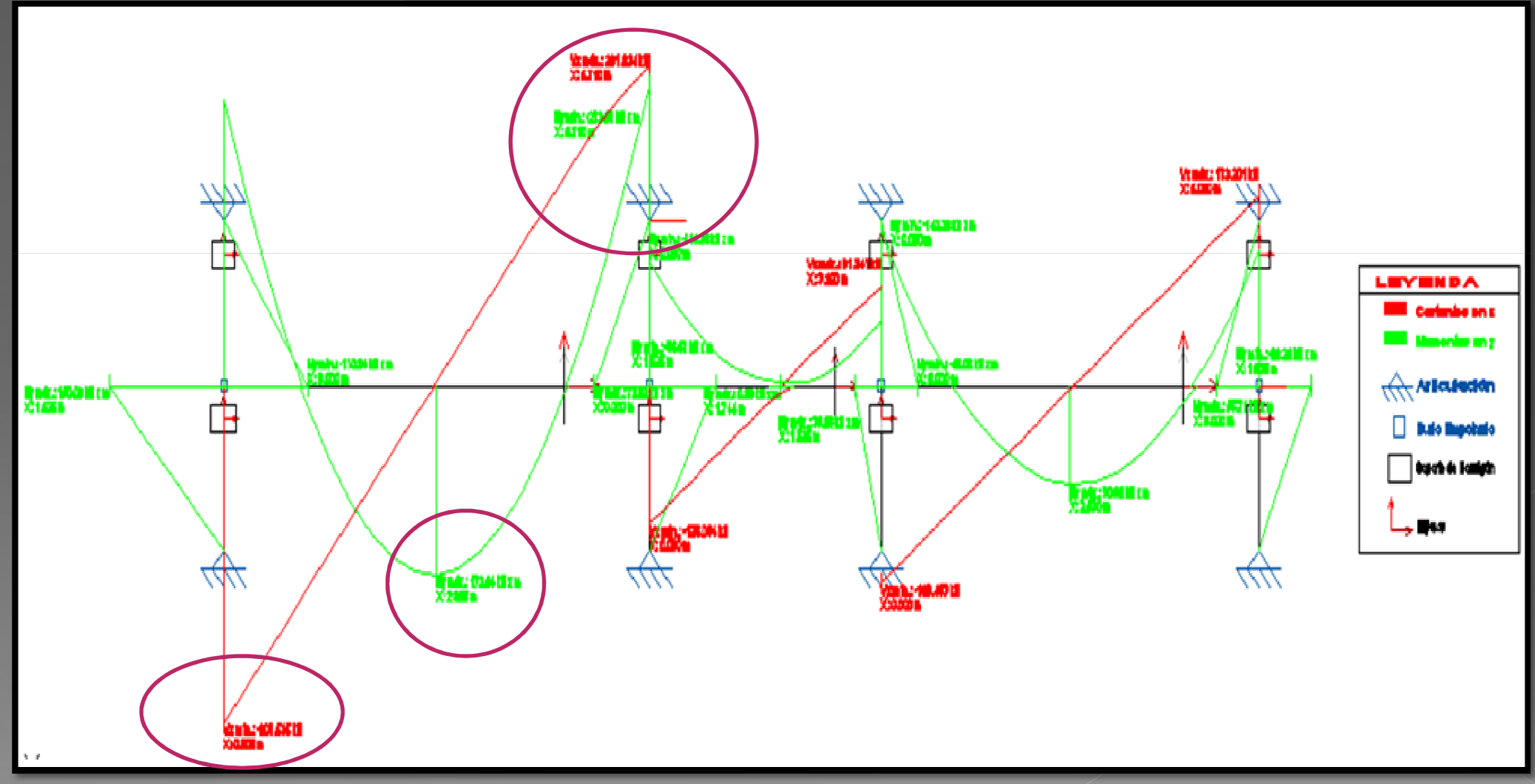
Así mediante estas cargas :

- Cargas permanentes de Viv + Terraza  67,1255 KN/m
- Sobrecargas de Uso Viv + Terraza  7,78 KN/m
- Sobrecarga de Nieve  0,53 KN/m

Obtenemos los diagramas de momentos y cortantes debidos al cambio de uso, mostrados en la siguiente diapositiva, donde:

- El verde representa los diagramas de momentos ,y como veremos a continuación, los valores más desfavorables los obtendremos en la ubicación del SPA, en el vano del pilar 5 al pilar 6, por lo que el momento máximo positivo es 172,84 KN x m situado a 2,855 m del pilar 5, y el momento máximo negativo es -273,87 KN x m situado en el pilar 6. . El valor de Md2 será 172,84 KN x m para positivos, y Md2 para momentos negativos -273,87 KN x m.

-Por otro lado en rojo tenemos los diagramas de cortantes, donde el cortante máximo positivo 291,834 KN lo tenemos en el pilar 6 y en el pilar 5 el cortante máximo negativo con un valor de -307,515 KN.



5.-IDENTIFICACIÓN DEL ESTADO DE LOS ELEMENTOS ESTRUCTURALES, LAS VIGAS.

5.1.-Cálculo simplificado de secciones en estado limite de Agotamiento frente a sollicitaciones normales, comprobación de Momentos.

- Una vez obtenidos los diagramas, y analizados, comprobamos que el mayor momento positivo se obtiene en $x=2,855\text{m}$ desde el pilar 5, con un momento de $172,84 \text{ KN x m}$, concordando con la posición del SPA, una vez esto procedemos a realizar las comprobaciones marcadas por la EHE-08.

5.1.1-Comprobación del momento máximo positivo.

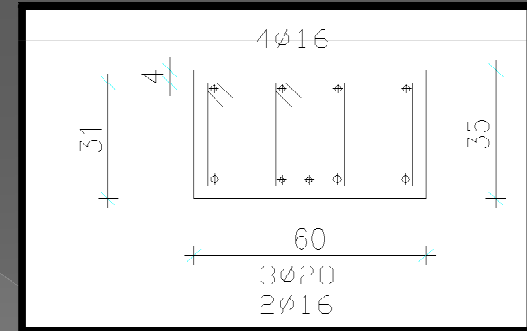
- Mediante las formulas expresadas en el anejo 7 de la EHE, procedemos a la comprobación del momento, obteniendo :

Momento último= $165,51 \text{ KN x m}$

- Resultados obtenidos durante el proceso

$$Md1 < Mu < Md2$$

$$98,79 \text{ KNxm} < 165,51 \text{ KNxm} < 172,84 \text{ KNxm}$$



$Md1$ = momento de calculo actual= $98,79 \text{ KNxm}$
 $Md2$ = M.de calculo cambio de uso= $172,84 \text{ KNxm}$
 Mu =momento último= $165,51 \text{ KNxm}$

Observando los resultados vemos que el momento último es inferior al momento $Md2$ de cálculo, por lo tanto debemos de reforzar la viga a momentos positivos en ese vano, ya que haciendo una comparativa con los momentos de los otros vanos, podemos despreciar el refuerzo de estos, a momentos positivos.

5.1.2.-Comprobación del momento máximo negativo.

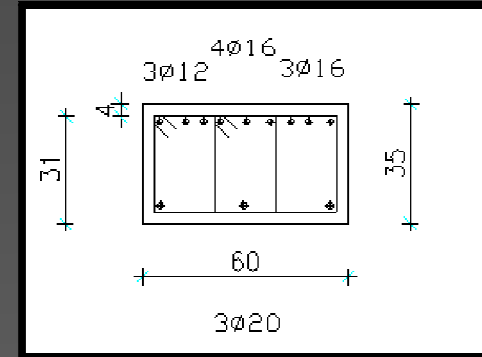
- Mediante las formulas expresadas en el anejo 7 de la EHE, procedemos a la comprobación del momento, obteniendo :

Momento último= 211,74 KN x m

- Resultados obtenidos durante el proceso

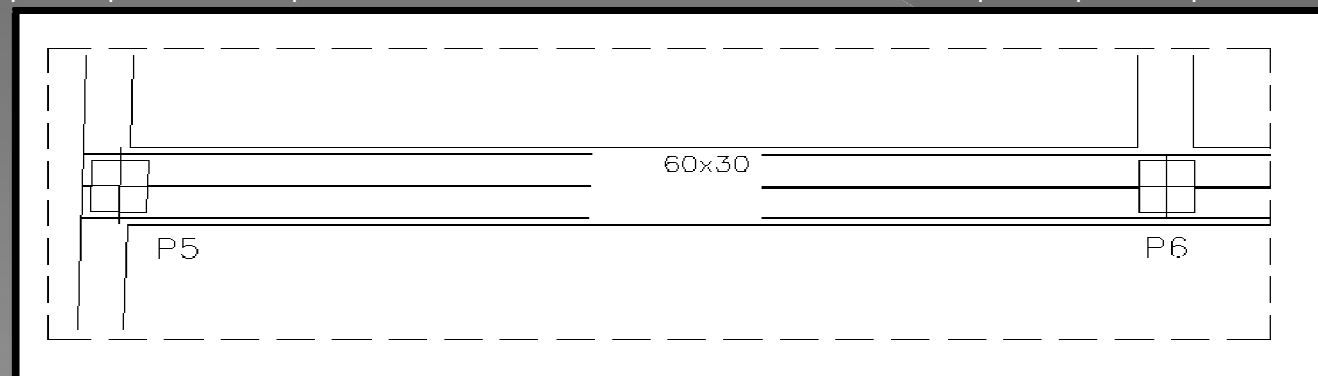
$$M_{d1} < M_u < M_{d2}$$

$$162 \text{ KNxm} < 211,74 \text{ KNxm} < 273,87 \text{ KNxm}$$



M_{d1} = momento de calculo actual= 162,00 KNxm
 M_{d2} = M.de calculo cambio de uso=273,87KNxm
 M_u = momento último= 211,74 KNxm

- Como podemos observar, el momento último no resiste el nuevo momento debido al cambio de uso, por lo que debemos de reforzar también a momentos negativos, pero en este caso ,el refuerzo, deberá ser en los pilares 5 y 6, ya que hay es donde se producen los puntos máximos, y aprovechando que la viga es superior a la dimensión del pilar, podemos pasar los refuerzos a ambos lados del pilar, para que trabajen adecuadamente.



5.2.-Estado límite de agotamiento frente a Cortante.

-Como bien nos dice la EHE-08, artículo 44, debemos de comprobar la viga frente a cortante, por un lado, a cortante a compresión y por otro a tracción.

5.2.1.-Comprobación de cortante a compresión.

-Se debe cumplir

V_{rd} , calculado en el borde del apoyo.

$$V_{rd} < V_{u1}$$

- Esfuerzo cortante de agotamiento por compresión oblicua en el alma.

$$V_{u1} = 929,99 \text{ kN}$$

-Valores obtenidos de los diagramas del apartado 4.3

- Esfuerzo cortante efectivo de cálculo.

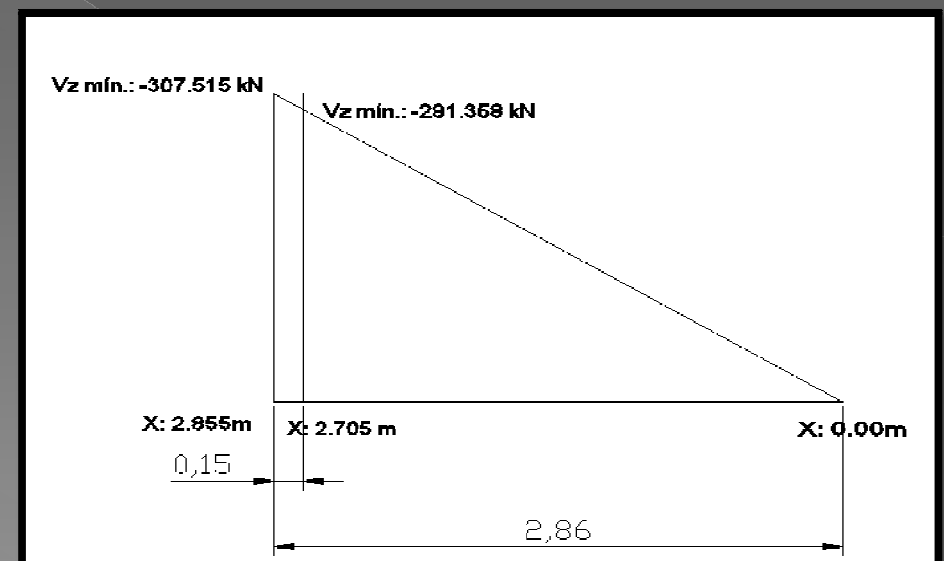
$$V_{rd} = 291,358 \text{ kN}$$

$$V_{rd} < V_{u1}$$

$$291,358 < 929,99$$

Cumple

Como podemos comprobar, escogiendo el cortante más desfavorable, cumplimos a cortante.



5.2.2.-Comprobación de cortante a tracción.

$$V_{ds} < V_{u2}$$

-Se debe cumplir

V_{ds} , calculado a una distancia de un canto útil del borde del apoyo.

- Esfuerzo cortante de agotamiento por tracción en el alma

$$V_{u2} = V_{cu} + V_{su}$$

$$V_{cu} = 71,291 \text{ KN}$$

- La contribución de la armadura será:

$$V_{su} = 235,14 \text{ KN}$$

-Esfuerzo cortante de agotamiento por tracción en el alma, efectuada para una sección situada a una distancia de un canto útil del borde del apoyo, es:

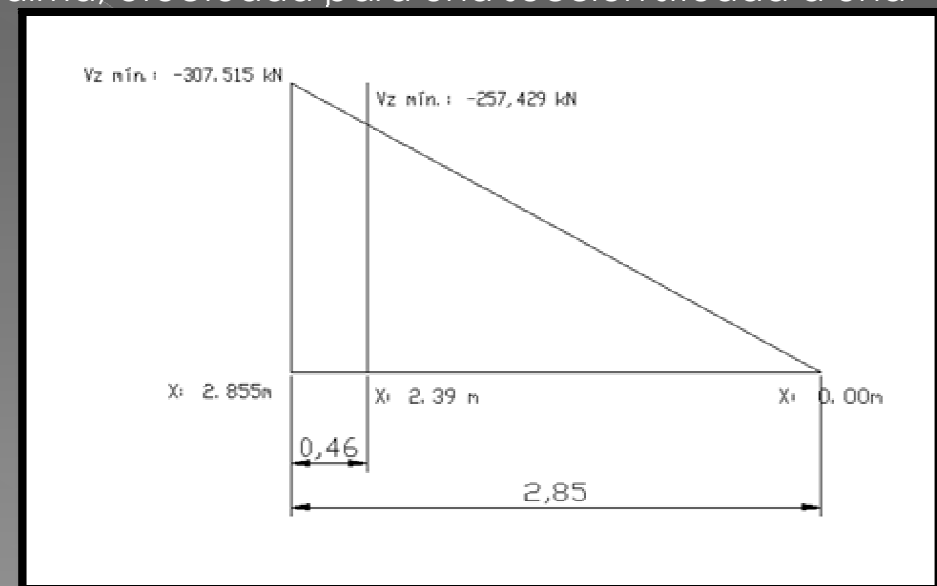
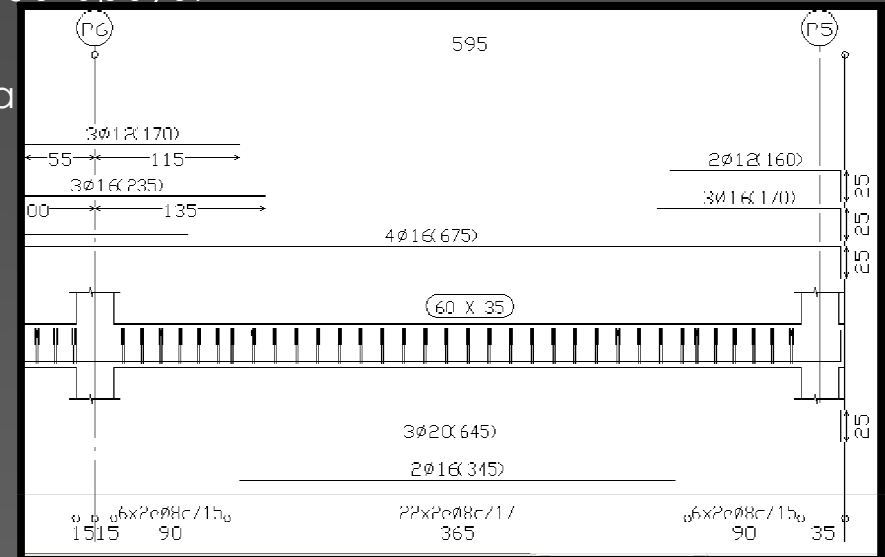
$$V_{ds} = 257,429 \text{ KN}$$

-Comprobación a cortante por tracción:

$$V_{ds} < V_{u2}$$

$$257,249 < 306,431 \text{ KN} \rightarrow \text{Cumple}$$

Debido a que el cortante comprobado era el más desfavorable, podemos decir que la viga cumple las comprobaciones a cortante.



6.-ESTUDIO DE REFUERZO DE LOS ELEMENTOS ESTRUCTURALES.

- Para el diseño y el estudio del refuerzo, hemos utilizado la empresa BASF, ya que a través de internet dispone de un programa mediante el cual, introduciendo nuestros datos, nos calcula las posibles soluciones, con los diferentes materiales disponibles, de esta marca.(www.mbrace.es)

6.1.-Selección del tipo de refuerzo para momentos positivos.

En dicho programa debemos introducir los parámetros: tipo de sección, geometría de la viga, propiedades del hormigón, propiedades del acero, armado existente superior e inferior, cargas .

-Las cargas son

-Flector existente en vacío , M_o , en nuestro caso cero, al apear la viga.

-Estado límite último(ELU), flector mayorado de diseño , M_d , momento para el cual queremos reforzar la viga, obtenido mediante el CYPE.

$M_{d2} = 172,84 \text{ kN} \times \text{m}$

-Estado límite de servicio(ELS), es decir el momento obtenido sin mayorar las cargas. $E_{LS} = 126.577 \text{ kN} \times \text{m}$

-Una vez introducidos todos estos datos en el programa obtenemos diferentes, tablas con los diferentes materiales, y dentro de cada material, los que son viables para nuestra viga, según lo introducido, y a partir de ahí, según recomendaciones, realizamos la elección.

MBRACE® LAMINATE 210/3300

ancho x sección
laminado (mm²)

50.0 x 1.4

80.0 x 1.4

100.0 x 1.4

Nº laminados

1	131.5 / 127.3	150.7 / 133.3	163.5 / 137.4
2	163.5 / 137.4	201.4 / 152.3	226.4 / 159.0
3	195.1 / 150.1	251.1 / 168.1	287.9 / 182.4
4	226.4 / 159.0	300.1 / 184.9	348.2 / 202.6
5	257.3 / 170.5	348.2 / 202.6	414.6 / 224.2
6	287.9 / 182.4	395.8 / 221.4	436.3 / 247.2
7	318.2 / 192.4	428.1 / 238.4	
8	348.2 / 202.6		
9	378.0 / 213.3		
10	414.6 / 224.2		

Resultados expresados en: Momento Ultimo / Momento en Servicio (kNm)

Por lo tanto nuestra elección a sido, dos LAMINATE 210/3300 de 80 x 1.4 mm. Hemos elegido este, porque aunque nuestro momento de cálculo era 172,84kN x m, para ir más sobrados, como bien ya hicieron en su diseño inicial.

6.1.1.-Descripción, características y modo de empleo de los materiales, para refuerzo de momentos positivos.

- ❑ LAMINATE CF, laminado performado de fibra de carbono para refuerzo de elementos estructurales. En el proyecto especificamos los diferentes puntos:
 - Campo de aplicación
 - Componentes del sistema
 - Propiedades
 - Manipulación y transporte
 - A tenerse en cuenta
 - Datos técnicos

- ❑ Mbrace PRIMER, imprimación epoxi para el sistema compuesto de refuerzo estructural a base de fibra de carbono. En el proyecto especificamos los diferentes puntos:
 - Campo de aplicación
 - Propiedades
 - Base del material
 - Modo de utilización
 - Limpieza de herramienta y útiles de trabajo
 - Consumo
 - Presentación
 - Almacenaje
 - Manipulación y transporte
 - A tenerse en cuenta
 - Datos técnicos

- ❑ Mbrace LAMIANTE ADHESIVE HT, adhesivo epoxi espatulable para la regularización y adhesión de Mbrace LAMINATE. En el proyecto especificamos los diferentes puntos:

- Campo de aplicación
- Propiedades
- Base del material
- Modo de utilización
- Limpieza de herramientas
- Consumo
- Almacenaje
- Manipulación y transporte
- A tenerse en cuenta
- Datos técnicos

6.1.2.-Conclusiones y resultados.

-La elección final es como ya habíamos nombrado MBrace® LAMINATE 210/3300, mediante el cual con la elección de 2 laminas de 80 mm de ancho y 1,4 mm de sección, obtenemos un refuerzo que es capaz de soportar un momento último de 201,4 KN x m y un momento en servicio de 152,3 KN x m, ambos totalmente superables a nuestros momentos obtenidos con el nuevo cambio de uso del ático. La longitud a ejecutar de refuerzo será de 3,80 m, más que suficiente para resistir debido cambio, la cual será colocada en el centro del vano, comenzando a 0,85 m desde el pilar 5.

-Por otro lado deberemos de tener en cuenta el comportamiento de los nuevos materiales y la estructura en sí, frente al fuego. Debido a que las fibras de carbono aguantan temperaturas bastante altas, sin embargo la resina empieza a degradarse a partir de los 50-80 °C.

-Si el refuerzo con el Sistema MBrace® requiere protección contra el fuego, está puede realizarse con materiales resistentes al fuego. Dicha protección debe evitar que la temperatura en el refuerzo supere la Tg (temperatura en la que polímero deja de ser rígido y comienza a ser ahulado o blando).

6.2.-Selección del tipo de refuerzo para momentos negativos.

En dicho programa debemos introducir los parámetros: tipo de sección, geometría de la viga, propiedades del hormigón, propiedades del acero, armado existente superior e inferior, cargas .

-Las cargas son

-Flector existente en vacío , M_o , en nuestro caso cero, al apearse la viga.

-Estado límite último(ELU), flector mayorado de diseño , M_d , momento para el cual queremos reforzar la viga, obtenido mediante el CYPE.

$M_{d2} = 273,87 \text{ KN x m}$

-Estado límite de servicio(ELS), es decir el momento obtenido sin mayorar las cargas. $ELS = 200,48 \text{ KN x m}$

-Una vez introducidos todos estos datos en el programa obtenemos diferentes, tablas con los diferentes materiales, y dentro de cada material, los que son viables para nuestra viga, según lo introducido, y a partir de ahí, según recomendaciones, realizamos la elección.

Por lo tanto nuestra elección a sido, tres LAMINATE 210/3300 de 1000 x 1.4 mm. hemos elegido este, porque cumplía con soltura nuestras exigencias, y por los consejos de la empresa BASF.

MBRACE® LAMINATE 210/3300

ancho x sección

laminado (mm²)

Nº laminados

	50.0 x 1.4	80.0 x 1.4	100.0 x 1.4
1	147.8 / 147.8	166.9 / 154.5	179.7 / 156.8
2	179.7 / 156.8	217.6 / 170.7	242.7 / 180.5
3	211.3 / 168.4	267.7 / 188.0	304.7 / 200.9
4	242.7 / 180.5	317.0 / 206.2	365.8 / 222.6
5	273.9 / 190.5	365.8 / 222.6	426.1 / 242.8
6	304.7 / 200.9	414.1 / 239.8	478.5 / 264.1
7	335.4 / 211.6	469.3 / 257.9	
8	365.8 / 222.6		
9	396.1 / 234.0		
10	426.1 / 242.8		

Resultados expresados : Momento Ultimo / Momento en Servicio(kNm)

6.2.1.-Descripción, características y modo de empleo de los materiales, para refuerzo de momentos negativos.

- Los materiales elegidos son los mismo arriba especificados, ya que hemos optado por elegir el mismo tipo de refuerzo, es decir, MBrace® LAMINATE 210/3300 , por eso en su colocación y preparación utilizaremos tanto el LAMINATE ADHESIVE HT, como el PRIMER, además del propio LAMINATE 210/3300.
- La puesta en obra del Sistema MBrace® debe ser realizada por empresas especializadas y cualificadas, reconocidas por BASF Construction Chemicals, (Asociación de empresas CLUB DIR), con experiencia en reparación y refuerzo de estructuras. Dichas empresas garantizarán la correcta aplicación y utilización del Sistema.

6.2.2.-Conclusiones y Resultados.

- La elección final es como ya habíamos nombrado MBrace® LAMINATE 210/3300, mediante el cual con la elección de 3 laminas de 100 mm de ancho y 1,4 mm de espesor, obtenemos un refuerzo que es capaz de soportar un momento último de 273,87 KN x m y un momento en servicio de 200,9 KN x m, ambos totalmente superables a nuestros momentos obtenidos con el nuevo cambio de uso del ático. La longitud a ejecutar de refuerzo será de 1,80 m, desde cada pilar hacia el centro del vano, más que suficiente para resistir las nuevas cargas del cambio de uso. Para que el refuerzo actúe, donde debe, esté, deberá, pasar a ambos lados de los pilares aprovechando la superioridad del ancho de la viga al soporte. Para dicho refuerzo debemos de desmontar el piso de la cocina del ático, por donde discurre la viga.

6.3.-Aplicación de Mbrace LAMINATE.

-Sobre el soporte perfectamente preparado, saneado y libre de polvo se aplicará la imprimación MBrace PRIMER, dónde habrá que tener en cuenta:

- Comprobación de la temperatura (superior a +5°C) y la humedad del soporte (inferior al 4%).
- Mezclado: se establecerá un tiempo mínimo de 3 minutos. Se realizará siempre con medios mecánicos.
- Utilización de útiles recomendados para el material.
- Se realizará el control de la cantidad de material aplicado. En ningún caso será inferior a 300 g/m² en superficies de hormigón y 180 g/m² en superficies metálicas.
- No se aceptará la realización de mezclas parciales.
- Caso de sobrepasarse los tiempos máximos de aplicación de los productos, se procederá a la aplicación de una nueva capa de material.
- Transcurridos 90 minutos de la aplicación de la imprimación se procederá a la aplicación del adhesivo pastoso MBrace LAMINATE ADHESIVE HT, mediante un dispensador o de forma manual.
- Comprobación de la temperatura (superior a +5°C) y la humedad del soporte (inferior al 4%)

- Establecimiento del tiempo mínimo de espera de 90 minutos desde la aplicación de Mbrace PRIMER y del máximo de 48 horas.
- Comprobación de la limpieza con disolvente libre de grasas de MBrace LAMINATE (en la cara que no está marcada)
- Comprobación de cantidad de material aplicado sobre el laminado (siempre inferior a 2 mm)
- Comprobación de la cantidad de material aplicado sobre el soporte (1-2 mm)
- Comprobación del rebose del material por todo el perímetro del laminado.
- Comprobación de la utilización de los útiles recomendados
- No se aceptará la realización de mezclas parciales.
- Caso de sobrepasarse los tiempos máximos de los productos, se procederá a la aplicación de una nueva capa de material.

7.-CONCLUSIONES OBTENIDAS OBJETO DE PROYECTO.

7.1.-Conclusiones.

- ✓ El escaso uso, que hasta hace unos años se le daba a estos materiales en el sector de la construcción y con la rapidez que avanza ahora, debido al descubrimiento de las grandísimas cualidades.
- ✓ También destacar, el gran aprendizaje a base de leer, he investigar de lo que realmente son los materiales compuestos, sus cualidades y propiedades, así como también sus utilidades.
- ✓ Por otro lado siguiendo el orden de la redacción del proyecto, nos damos cuenta los coeficientes de seguridad que se le aplican a las estructuras, por posibles fallos, o demás sucesos.
- ✓ Gracias a la redacción y estudio de este proyecto, también he aprendido y recordado el cálculo de estructuras, una rama muy bonita e importante en nuestro sector, así como el aprendizaje de los programas SAP2000 y CYPE 2011.
- ✓ Debido al uso de la EHE-08, y algunas partes del CTE, he recordado y aprendido mucho sobre estructuras, hormigones, tipos de cargas....
- ✓ El aprendizaje de la forma de utilización y colocación de estos refuerzos, como los pasos a seguir y normas a cumplir, así como diversas aplicaciones de estos, y como también de la casa BASF y SIKa.
- ✓ El único fallo que realmente encuentro, está en que a pesar del gran uso que se le esta dando en España a los materiales compuestos, no disponemos ni de guía, ni de normativa a seguir, para su utilización, debemos de recurrir a la ACI-440.2R-02(Guide for the Design and Construction of Externally Bonded FRP Systems for Strengthening Concrete Structures), o dejarnos aconsejar por empresas especializadas.

