

---

# “Metodologías contemporáneas en control de costes de edificación”

---

Trabajo Final del Máster en Edificación: Especialidad de Gestión

---

SANZ ALMELA, DIEGO

2015

---

TUTORES:

Dr. OSCAR BUSTOS CHOCOMELI

IGOR FERNÁNDEZ PLAZAOLA



UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR  
INGENIERÍA DE  
EDIFICACIÓN



*“Encara que la finestra sigui molt petita, el cel continua sent igual de gran.”*

Alex Rovira i Francesc Miralles



*A totes aquelles persones que m'han acompanyat durant tot el camí recorregut  
fins ací: familiars, amics, companys, professors, i per descomptat, a TU.*



## ÍNDICE

<b>ÍNDICE DE ILUSTRACIONES</b> .....	<b>8</b>
<b>ÍNDICE DE ECUACIONES</b> .....	<b>9</b>
<b>RESUMEN</b> .....	<b>11</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>12</b>
<b>CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>13</b>
1.1 CONCEPTO DE PROYECTO .....	13
1.2 PROYECTO DE EDIFICACIÓN .....	15
1.3 CONTABILIDAD VS. CONTROL DE COSTES.....	17
1.3.1 CONTABILIDAD .....	17
1.3.2 CONTABILIDAD DE COSTES .....	20
1.3.3 CONTROL DE COSTES .....	21
1.4 SISTEMA DE CONTROL DE COSTES.....	22
1.5 CONCEPTOS TÉCNICOS.....	23
1.6 CONCEPTOS ECONÓMICOS:.....	25
<b>CAPÍTULO 2. SISTEMAS DE CONTROL DE COSTES (ESTADO DEL ARTE)</b> .....	<b>31</b>
2.1 DIRECT COSTING.....	32
2.2 FULL COSTING .....	36
2.3 RESOURCE BASED COSTING - RBC.....	39
2.4 ACTIVITY BASED COSTING - ABC .....	42
2.5 TIME-DRIVEN ACTIVITY-BASED COSTING - TDABC.....	46
2.6 TIME-COST TRADE OFF PROBLEM - TCTP.....	48
2.7 MULTI MODE TIME-COST TRADE OFF PROBLEM - MTCTP .....	50
2.8 MODELO GRÍS GM (1,1) .....	51
2.9 MÉTODO DEL VALOR GANADO - EVM .....	54
2.10 COST VALUE RECONCILIATION - CVR .....	59
2.11 MÉTODO IBSM .....	62
2.12 LINEAS DE BALANCE - LOB.....	65
2.13 TEORIA DE LAS RESTRICCIONES - TOC.....	68
2.14 TARGET COSTING - TC .....	71
2.15 KAIZEN COSTING - KC.....	75
2.16 TARGET VALUE DESIGN - TVD .....	78
2.17 BENCHMARKING .....	81
2.18 CONCLUSIONES SOBRE LOS MÉTODOS EXPUESTOS:.....	83
<b>CAPÍTULO 3. REVISIÓN DE LAS ÚLTIMAS TENDENCIAS</b> .....	<b>85</b>
<b>CAPÍTULO 4. RESULTADOS Y CONCLUSIONES</b> .....	<b>95</b>
<b>CAPÍTULO 5. MATRIZ COMPARATIVA</b> .....	<b>99</b>
<b>INDICE DE ACRÓNIMOS</b> .....	<b>101</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA</b> .....	<b>105</b>

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Triángulo del proyecto .....	14
Ilustración 2. Contabilidad Financiera.....	17
Ilustración 3. Contabilidad de Gestión .....	18
Ilustración 4. Contabilidad y finanzas.....	19
Ilustración 5. Contabilidad de costes .....	21
Ilustración 6. Direct Costing .....	35
Ilustración 7. Full Costing .....	38
Ilustración 8. Comparación Full y Direct Costing .....	38
Ilustración 9. Formación del coste total en RBC .....	40
Ilustración 10. Metodología ABC.....	44
Ilustración 11. Costes en ABC.....	44
Ilustración 12. Modelo TCTP clásico.....	48
Ilustración 13. Coste directo o de producción del proyecto.....	49
Ilustración 14. MTCTP .....	50
Ilustración 15. Sistema de control gris GM(1,1).....	53
Ilustración 16. Control por el método del Valor Ganado .....	57
Ilustración 17. Resumen gráfico Método Valor Ganado.....	57
Ilustración 18. Diagrama de flujo del modelo CVR .....	60
Ilustración 19. Ejemplo Cost/Value Reconciliation .....	61
Ilustración 20. Tarea respecto presupuesto. Método IBSM .....	63
Ilustración 21. Resultado Método IBSM .....	64
Ilustración 22. Notación, criterios y fórmulas en LOB.....	66
Ilustración 23. Programación de obras mediante líneas de balance .....	67
Ilustración 24. Metodología en 5 pasos y técnicas de solución.....	70
Ilustración 25. Situación actual vs. TC/TVD.....	72
Ilustración 26. Aplicación de TC al proceso de desarrollo de un producto.....	73
Ilustración 27. Resultados búsqueda sistemas de control de costes.....	95
Ilustración 28. Resultados de la búsqueda por países .....	97



## ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1. Resultado con Direct Costing .....	33
Ecuación 2. Resultado con Full Costing .....	37
Ecuación 3. The Total Manufacturing Cost .....	39
Ecuación 4. Time Equation .....	47
Ecuación 5. Multimode Time-Cost Tradeoff Problem .....	50
Ecuación 6. Secuencia a procesar GM(1,1) .....	52
Ecuación 7. Modelo GM(1,1).....	52
Ecuación 8. Desviación en Coste .....	55
Ecuación 9. Desviación en Programa .....	55
Ecuación 10. Índice de Rendimiento de Coste .....	56
Ecuación 11. Índice de Rendimiento de Programa .....	56
Ecuación 12. Programación Ganada .....	56
Ecuación 13. Índice de Rendimiento Coste/Programa.....	56
Ecuación 14. Coste Estimado para Terminar .....	56
Ecuación 15. Coste Estimado a la terminación .....	56
Ecuación 16. Índice desempeño a la terminación.....	57
Ecuación 17. Variación a la Terminación.....	57



## **RESUMEN**

Cada vez más, los clientes demandan edificios más complejos que requieren de soluciones más sofisticadas y con una condición esencial: que se construyan con presupuestos cada vez más ajustados y sin desviaciones.

Por ello es muy importante llevar un control exhaustivo de los costes que todo proyecto y toda obra generan para que exista la mínima desviación posible y tomar las decisiones necesarias para corregir las diferentes contingencias que puedan aparecer por el bien de la empresa, del proyecto y del cliente.

No hay que olvidar la importancia de una buena planificación previa, ya que sin planificación no hay control, pero el trabajo que a continuación se muestra parte de una planificación de costes ya realizada y bien elaborada.

Ante el vacío bibliográfico actual de un manual que englobe los diferentes sistemas de control de costes y el desconocimiento de muchas empresas del sector sobre ellos, aquí se aboga por dos objetivos bien diferenciados pero estrictamente relacionados.

El primero de ellos es hacer una revisión bibliográfica o estado del arte de los diferentes sistemas de control de costes que existen y se han utilizado durante los últimos años en diferentes tipos de empresas y ver cuáles son sus principales características, sus ventajas y sus inconvenientes.

En un segundo estadio, se acota esta búsqueda a nivel académico-científico y se hace un barrido de varios artículos de investigación que se han ido publicando durante los últimos años para ver cuáles de los sistemas anteriores se están estudiando y por tanto suscitan mayor interés a la comunidad científica.

Con todo ello se pretende tener una visión global del tema para poder obrar en consecuencia y buen criterio a la hora de decidirse por un sistema u otro.

**Palabras clave:** sistemas de control de costes, control de costes, control de proyectos

## **ABSTRACT**

Customers are increasingly demanding that more complex buildings are built with more sophisticated solutions and with one essential requirement: they have to be built with increasingly tight budgets without any deviations.

Therefore, it is really important to keep a tight control on all project costs and the work being carried out to avoid such deviations and to make effective decisions to correct the different contingencies that may arise, for the benefit of the company, the project and the client.

The importance of good planning is key because without it control cannot be properly exercised; however, the following paper considers that said planning has in fact been done and well prepared.

Due to the absence of any proper manual that covers the various cost control systems, as well as the ambivalence of many companies towards them, our current project focuses on two distinct, yet related objectives.

On the one hand, the aim is to make a state of the art literary review of the various cost control systems that exist and that have been used in recent years in different types of companies and unveil their main features, their advantages and their drawbacks.

On the other hand, the purpose is to find academic and scientific or research articles that have been published in recent years to see which of the above aforementioned are up-to-date, thereby deserving greater attention in scientific circles.

The final target is to have a global view of the subject to act accordingly and good judgment when deciding among one system or another.

**Keywords:** cost control systems, cost control, project control

## CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN

### 1.1 CONCEPTO DE PROYECTO

En la norma UNE 66916:2003 “SISTEMAS DE GESTIÓN DE LA CALIDAD. DIRECTRICES PARA LA GESTIÓN DE LA CALIDAD EN LOS PROYECTOS”, en su apartado 3, aparece una correcta definición del término (AENOR, 2003):

*“Proceso único consistente en un conjunto de actividades coordinadas y controladas con fechas de inicio y finalización, llevadas a cabo para lograr un objetivo conforme con requisitos específicos, incluyendo las limitaciones de tiempo, costo y recursos”.*

Esta definición es idéntica a la de la norma ISO 9000:2000 (AENOR, 2000) e incluye cinco notas interesantes:

NOTA 1: Un proyecto individual puede formar parte de la estructura de un proyecto mayor.

NOTA2: En algunos proyectos, los objetivos y el alcance se actualizan y las características del producto se definen progresivamente según evoluciona el proyecto.

NOTA 3: El producto del proyecto generalmente se define en el alcance del proyecto. Puede ser una o varias unidades de producto y puede ser tangible o intangible.

NOTA 4: La organización del proyecto normalmente es temporal y se establece para el tiempo de duración del proyecto.

NOTA 5: La complejidad de las interacciones existentes entre las actividades del proyecto no está necesariamente relacionada con la magnitud del proyecto.

Según Guerra Peña et al. (2002) un proyecto se entiende *“como una transformación que realiza un determinado grupo de individuos, en un plazo de tiempo definido, de una idea, que se establece basándose en unos requisitos o necesidades, en una realidad, producto o servicio, dentro de un contexto tecnológico determinado y utilizando recursos limitados y con carácter temporal.”*

Según Burstein & Stasiowsky (2002) *“es una actividad (o conjunto de actividades) dirigida a alcanzar un objetivo preciso según un calendario establecido. Para ello se dispone de unos recursos específicos y, habitualmente, limitados.”*

Los recursos a los que hacen referencia son:

- Recursos económicos (fondos disponibles y créditos accesibles).
- Recursos materiales (herramientas, materiales, maquinaria e instalaciones).
- Recursos humanos (“las habilidades, conocimientos y esfuerzos conjuntos de un grupo de personas asignadas al proyecto”).
- Recursos de técnicas de información y los sistemas y técnicas de gestión.

Todo lo anteriormente expuesto puede resumirse en el siguiente dibujo:



**Ilustración 1. Triángulo del proyecto**

**Fuente: Triángulo de Stolz**

Todo proyecto está sometido a un conjunto de limitaciones y restricciones entre las que destacan, en el ámbito de la construcción, las normas (Código Técnico de la Edificación (CTE), etc.), reglamentos y recomendaciones que pueden provenir del conocimiento general de la materia e, incluso, de las partes interesadas tales como el cliente.

El proyecto, entendido como sistema dinámico de procesos y actividades, está constituido a su vez por distintas fases que poseen una finalidad propia.

El proceso de diseño o proyectual se caracteriza porque cada fase es abordada en sucesivas etapas siguiendo un proceso lógico de resolución de los problemas: definición del problema, análisis y modelización del problema; síntesis de soluciones, y evaluación y toma de decisiones, *“constituyendo un proceso iterativo de solución de multiproblemas, fundamentado en la transformación de información y en la actuación constante de un retroalimentador que hace que la información generada vuelva a participar en el proyecto”* (Gómez-Senent Martínez, 1989).

Según Martínez Montes y Pellicer Almiñana (2007), todo proyecto puede desgranarse en cinco fases que se caracterizan por los siguientes contenidos:

FASE I: Comienza con la idea de resolver un problema cuya factibilidad y viabilidad se contrastan mediante el desarrollo de los estudios previos.

FASE II: Se expone el problema objeto del proyecto, se determinan los objetivos del proyecto (alcance, plazo, coste y calidad, así como requisitos y exigencias, conforme al vocabulario del Código Técnico de la Edificación), se analizan las diferentes alternativas del proyecto con sus ventajas e inconvenientes y se especifica las características técnicas generales de la solución adoptada con indicación de su presupuesto económico, así como los aspectos administrativos y económicos relacionados con su legalización y posible financiación, dando origen al anteproyecto. El desarrollo básico de los aspectos constructivos y formales, la programación básica y el presupuesto dará lugar al proyecto básico.

FASE III: Se desarrolla la arquitectura y construcción de detalle especificando todas las características técnicas, dimensionales y económicas de la solución adoptada, así como las actividades a realizar, su orden de ejecución y su coste, concretándose en el proyecto de ejecución.

FASE IV: Se lleva a cabo la contratación de la ejecución procediéndose a la construcción de la obra civil, montaje de equipos, maquinaria e instalaciones, correspondiendo al director del proyecto la dirección, planificación, organización y control de todos los trabajos. Cuando se especifica en un documento con todo detalle y claridad cómo se han realizado las obras e instalaciones, se tiene el proyecto ejecutado (“as built”).

FASE V: Corresponde a las pruebas y puesta en operación del sistema proyectado, procediéndose durante esta fase a su explotación y mantenimiento.

FASE VI: Corresponde a la finalización del ciclo de vida del proyecto con el desmantelamiento o desactivación del mismo.

## **1.2 PROYECTO DE EDIFICACIÓN**

Centrándonos ahora en lo que es proyecto de edificación, en el introducido anteriormente ámbito de la construcción, deberemos primero, ver que se entiende por proyecto en la normativa aplicable en el sector de la construcción. Para ello, debemos fijarnos en la definición que aparece en el Artículo 4 de la Ley 38/1999, de 5 de noviembre, de Ordenación de la Edificación (Ministerio de Fomento, 1999):

1. El proyecto es el conjunto de documentos mediante los cuales se definen y determinan las exigencias técnicas de las obras contempladas en el artículo 2. El proyecto habrá de justificar técnicamente las soluciones propuestas de acuerdo con las especificaciones requeridas por la normativa técnica aplicable.

En el artículo 2 nos puntualiza lo siguiente:

2. Tendrán la consideración de edificación a los efectos de lo dispuesto en esta Ley, y requerirán un proyecto según lo establecido en el artículo 4, las siguientes obras:

a) Obras de edificación de nueva construcción, excepto aquellas construcciones de escasa entidad constructiva y sencillez técnica que no tengan, de forma eventual o permanente, carácter residencial ni público y se desarrollen en una sola planta.

b) Todas las intervenciones sobre los edificios existentes, siempre y cuando alteren su configuración arquitectónica, entendiéndose por tales las que tengan carácter de intervención total o las parciales que produzcan una variación esencial de la composición general exterior, la volumetría, o el conjunto del sistema estructural, o tengan por objeto cambiar los usos característicos del edificio.

c) Obras que tengan el carácter de intervención total en edificaciones catalogadas o que dispongan de algún tipo de protección de carácter ambiental o histórico-artístico, regulada a través de norma legal o documento urbanístico y aquellas otras de carácter parcial que afecten a los elementos o partes objeto de protección.

Una vez puntualizadas las peculiaridades de un proyecto de edificación, cabe recordar que el sector de la construcción en el cual se engloban todos estos proyectos, se caracteriza por tener un proceso económico propio, con una serie de singularidades que bien se describen en los apuntes de Gestión integral del proceso edificatorio de Oscar Bustos Chocomeli et al. (2011):

- El precio de venta se establece antes de su fabricación
- Centros de explotación itinerantes.
- Ausencia de mano de obra fija.
- Mano de obra temporal.
- Plazo de estudio económico limitado.
- Amplia gama de productos y especialistas.
- No se repite el mismo producto.
- Desconocimiento de rendimientos.
- Cambios durante el proceso.



### 1.3 CONTABILIDAD VS. CONTROL DE COSTES

Por todo lo anterior y una vez introducido el concepto de proyecto, proyecto de edificación y enumerar las fases de las que está compuesto, se hace inevitable hablar y saber diferenciar los conceptos de contabilidad de costes y de control de costes que se nos generan en todo el proceso edificatorio, por lo que vamos ahora a definirlos y a ubicar dentro de ellos, los conceptos relacionados con los costes.

#### 1.3.1 CONTABILIDAD

Si nos vamos a los apuntes académicos de la asignatura Análisis y Control de Costes, de Igor Fernández y María Pons, profesores de la Universitat Politècnica de València (UPV) (2013), distinguimos tres tipos de contabilidad con las siguientes características:

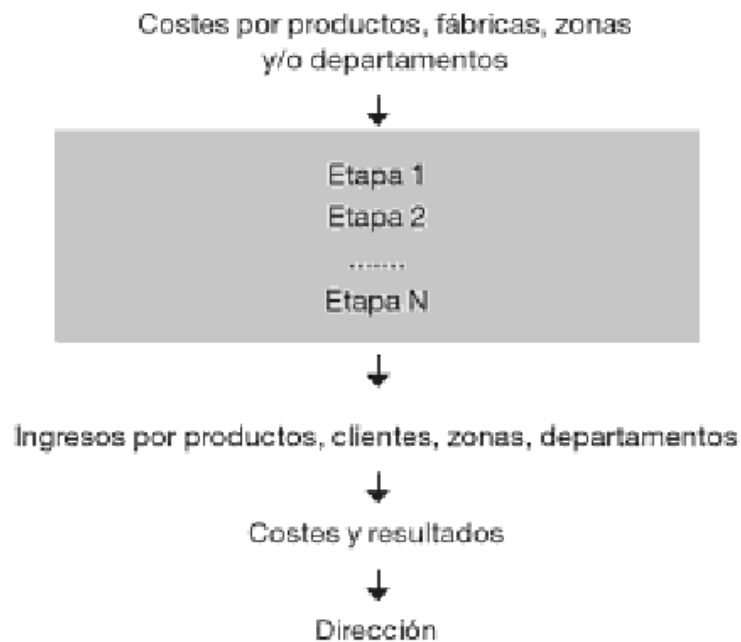
- Contabilidad Financiera o externa:
  - o Destinada a acreedores, bancos, empleados, sindicatos, accionistas, etc.
  - o Proporciona información histórica de la empresa y su exterior. Es pública.
  - o Se desconoce la relación de los inputs con los outputs.
  - o La información global de la empresa gracias a la contabilidad financiera se representa mediante sus cuentas anuales.
  - o Queda sujeta a legislación vigente.
  - o Una parte de esta contabilidad procede de la de gestión, como son los precios de las materias primas, producción en curso y valoración de existencias.



Ilustración 2. Contabilidad Financiera

Fuente: (Fernández Plazaola & Pons Morera, 2013)

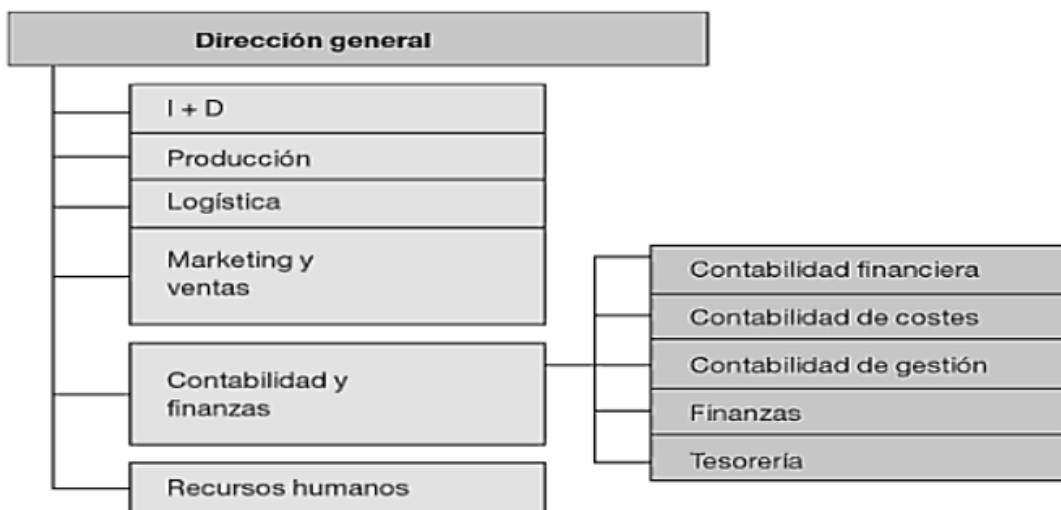
- Contabilidad de Gestión:
  - o Destinada únicamente a la Dirección de la empresa.
  - o Es una rama de la contabilidad que tiene por objeto la captación, medición y valoración de la circulación interna, así como la racionalización y control, con el fin de suministrar a la organización la información relevante para la toma de decisiones empresariales.
  - o Trata de aportar luz sobre lo que informa la contabilidad financiera.
  - o Cada empresa puede utilizar el sistema de gestión que le sea más conveniente a sus necesidades.
  - o Tiene un papel clave por la necesidad de que la empresa sea competitiva.
  - o Informa a cada parcela de la empresa para la gestión de la misma a través del sistema de información de la contabilidad de Gestión.
  - o Agrupa y orienta los esfuerzos de la organización hacia la consecución de objetivos, procurando la eficiencia y la eficacia en la utilización de recursos. Para ello, se utilizan los presupuestos, los análisis de las desviaciones y la toma de medidas correctoras.
  - o Contribuye a que todos los responsables se sientan motivados para la consecución de sus objetivos.
  - o Una buena parte de esta contabilidad procede de la financiera.



**Ilustración 3. Contabilidad de Gestión**

**Fuente: (Fernández Plazaola & Pons Morera, 2013)**

- Contabilidad de costes, analítica o interna:
  - o Es una de las partes de la contabilidad de gestión y se centra en el cálculo de costes de los servicios o productos que ofrece la empresa.
  - o La contabilidad analítica proporciona a la contabilidad financiera la valoración de las existencias finales de materias primas, productos intermedios y finales, y a su vez ésta facilita información a la contabilidad analítica sobre los gastos e ingresos del período.
  - o Sus objetivos son:
    - Calcular los costes de las diferentes partes de la empresa y de los productos que se obtienen.
    - Conocer qué cuesta cada etapa del proceso productivo, de la cadena de valor de una empresa. La cadena de valor está integrada por las etapas del proceso productivo que añaden valor al producto o servicio que ofrece la empresa.
    - Valoración de existencias.
    - Análisis del proceso de generación del resultado contable.
    - Contribuir al control y a la reducción de costes.
    - Tomar decisiones estratégicas en cuanto a eliminar productos o potenciarlos, subcontratar servicios, fijar precios y descuentos, etc.
    - Recoger todos los costes de la empresa y asignarlos a productos, departamentos o clientes según las necesidades de información.



**Ilustración 4. Contabilidad y finanzas**

**Fuente: (Fernández Plazaola & Pons Morera, 2013)**

### 1.3.2 CONTABILIDAD DE COSTES

Si seguimos leyendo entradas del diccionario económico del diario español EXPANSIÓN para profundizar más en el tema, Alejandro Ramón Martín Rodríguez (2015) nos define la contabilidad de costes como:

*“Un sistema de información contable destinado a cubrir las necesidades de la dirección acerca de la gestión empresarial. También se puede definir como aquel sistema de información que capta, mide y representa el flujo interno de valores dentro de la empresa, para evaluar la eficiencia y la eficacia de la gestión.*

*En un principio la misión de la contabilidad de costes se reducía al estudio de la estructura de costes en las empresas industriales, de ahí su denominación primaria de contabilidad industrial.*

*Más adelante, la evolución de las organizaciones empresariales hacia un proceso de descentralización, ha exigido a la contabilidad de costes que informara también sobre la eficiencia de cada centro de responsabilidad, con especial atención a los centros donde se desarrolla el ciclo de explotación, de ahí su denominación actual de contabilidad analítica de la explotación. También se la denomina contabilidad interna, para diferenciarla de la contabilidad financiera o externa.*

*De cualquier forma, la contabilidad de costes es de gran interés para cualquier tipo de empresa, ya sea industrial, comercial o de servicios, por lo que ha quedado inscrita en el ámbito de la contabilidad de gestión.*

*Su principal finalidad es la de suministrar a la organización información relevante para la toma de decisiones empresariales. La información se presentará de manera detallada, periódica y escalonada, a través de la Cuenta de Explotación Funcional y de estadísticas de costes, así como de informes puntuales sobre cuestiones concretas”.*

Los objetivos de la contabilidad de costes se pueden concretar en:

- a)** Valoración de los activos derivados del proceso productivo: materias primas, productos en curso de transformación, productos semiterminados y terminados.
- b)** Cálculo de los costes: de los productos finales e intermedios, de los servicios prestados, de los distintos centros o departamentos en los que éste dividida la empresa o de las actividades realizadas en la misma.
- c)** Análisis de resultados económicos: a través de la cuantificación de los ingresos y los costes, se podrá conocer el proceso de formación y agregación de costes en el ciclo de explotación.
- d)** Planificación de la gestión: mediante la confección de presupuestos, indicando los objetivos y los medios necesarios para alcanzarlos.
- e)** Control de la gestión: suministrando información para conocer la marcha de la actividad productiva, observando si se cumplen o no los objetivos marcados, analizando en su caso las posibles desviaciones.

El usuario esencial de la información suministrada por la contabilidad de costes es la dirección de la empresa. En organizaciones centralizadas el grupo de usuarios quedará reducido a un pequeño número de directivos, mientras que en organizaciones descentralizadas con delegación de responsabilidades, el número de usuarios será mucho más amplio.

En resumen, la contabilidad de costes tiene un papel fundamental, puesto que a través del análisis de la empresa, desde un punto de vista interno se facilitará a la dirección una información relevante, operativa y complementaria a la suministrada por la contabilidad externa.

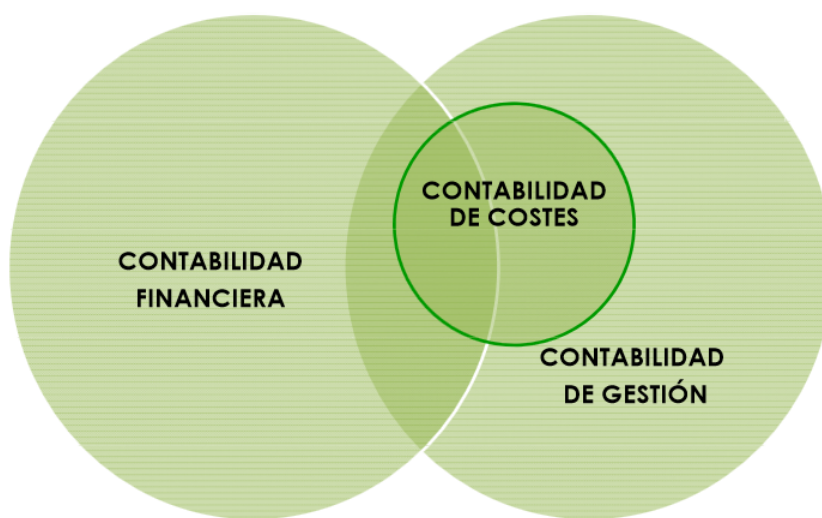


Ilustración 5. Contabilidad de costes

Fuente: (Fernández Plazaola & Pons Morera, 2013)

### 1.3.3 CONTROL DE COSTES

Si vamos al diccionario de la Real Academia Española de la lengua (2014), podemos ver las siguientes definiciones:

**control.** (Del fr. *contrôle*).

1. m. Comprobación, inspección, fiscalización, intervención.

**coste.**

2. m. Gasto realizado para la obtención o adquisición de una cosa o de un servicio

**costo**<sup>1</sup>.

1. m. Cantidad que se da o se paga por algo.

El concepto de control, tal y como vemos en los apuntes de Gestión integral del proceso edificatorio de Oscar Bustos Chocomeli et al. (2011) atiende a tres ítems importantes:

- Comprobación
- Inspección
- Fiscalización

Por tanto:

- Debe proporcionar información encaminada acerca del comportamiento de un programa, en relación a los acontecimientos reales que suceden.
- Como todo proceso de control, establece estándares, mide con ello el progreso y adopta en caso necesario medidas correctoras.
- El control presupuestario se basa en la comparación de realizaciones con presupuestos y analiza desviaciones.

Se habla del concepto de programación antes del de control de los costes, ya que obviamente, para poder establecer el control de cualquier proyecto, debemos de haberlo planificado previamente para poder comparar su avance. El concepto de programación de costes es tan amplio que podría dar para varios estudios en profundidad, pero no es el objeto de este trabajo. Nuestro punto de partida es el control y seguimiento de una serie de costes ya planificados previamente para verificar su comportamiento en el tiempo.

#### **1.4 SISTEMA DE CONTROL DE COSTES**

Aclarado lo anterior, buscamos en el libro Planificación y control de obras de construcción de Gerardo Santana (1988), el concepto de sistema de control de costes. Allí se define lo siguiente:

*“El objeto básico de un sistema de control de costes es proporcionar información cuantitativa acerca del comportamiento de un programa, en relación a los acontecimientos reales que se suceden en un proyecto y respecto de los cuales se hizo el programa. Es importante recordar que un programa es una estimación del desarrollo futuro de un proyecto, ejecutado antes de su inicio y se califica como bueno o malo, en la medida que se ajuste o refleje con fidelidad los acontecimientos reales que se presenten en relación a un proyecto específico.*

*Para dar cumplimiento al objetivo básico anteriormente señalado, el sistema de control debe cumplir una serie de requisitos básicos:*

- *La información ha de ser veraz, es decir, debe ser fiel y representativa de lo que efectivamente está sucediendo con un proyecto, y para tal efecto debe responder a cuantificaciones fidedignas. Esta característica normalmente se ve disminuida cuando se procede a efectuar las mediciones o cuantificaciones, a través de estimaciones visuales o indirectas.*
- *Debe ser precisa, es decir, debe entregar con nitidez aquellos aspectos o elementos que sean relevantes y determinantes para la marcha de un proyecto, evitando entregar junto con aquellos que son fundamentales los hechos o información secundaria o intrascendente. Cabe destacar que lograr esta característica no es fácil, ya que en un proyecto se produce gran cantidad de información.*

- *Debe ser oportuna. Esta característica es muy importante, ya que de la disposición oportuna de la información, dependerán las decisiones que se tomen para la marcha futura de los proyectos. La eficacia de un control depende en muchos casos solo de esta característica, siendo por lo tanto en ocasiones preferible perder en precisión y exactitud de la información, en pro de la oportunidad.*

*Estos requisitos que debe cumplir la información deben ser especialmente tomados en cuenta por la organización de control, ya que son válidos para todas las acciones que ella emprenda en relación con todas las variables que intervienen en un proyecto, como es la calidad, recursos, financiamiento, plazo, costo, etc.”*

Por tanto, los principios fundamentales de todo sistema de control de costes deberían de ser los siguientes:

- Que sea un sistema simple para los agentes y en documentación.
- Que pueda implantarse de manera progresiva.
- Que el costo de implantación no sea desproporcionado con sus beneficios.
- Que no constituya un impedimento para el libre desarrollo de la producción.

En definitiva y acorde con Igor Fernández (2013), todo sistema de control de costes debe:

- Limitar el gasto porque los recursos son limitados y escasos.
- Mejorar el ahorro e inmediatamente la rentabilidad y el beneficio de un proyecto.
- Ofrecer una información que posibilite actuar o tomar medidas que rectifiquen la tendencia a la desviación respecto del objetivo establecido y facilitar su cumplimiento.

## **1.5 CONCEPTOS TÉCNICOS**

Aparte de lo anteriormente expuesto, no está de más, hacer un recordatorio de varios conceptos clave en la contabilidad y control de costes. Atendiendo a las definiciones que nos aportan unos apuntes académicos de la Universidad de Oviedo (2010), diferenciaremos:

### **Factor:**

Cada uno de los recursos económicos de los medios de producción, naturales o previamente elaborados, que son utilizados en la función de transformación económica, sea ésta industrial, comercial o financiera.

Suelen clasificarse según dos criterios:

1º) - Factor capital: materias primas, utillaje, maquinaria,... - Factor trabajo: fuerza de trabajo aportada por el ser humano.

2º) - Factores circulantes: afectos a las operaciones de la empresa. - Factores fijos o de capital: referentes a las inversiones fijas de la empresa. El destino de todo factor es convertirse en una entrada o input del proceso de transformación.

**Proceso:**

Es una función planeada o conjunto de operaciones que, utilizando una tecnología y según cierta estructura, transforma unas entradas en unas salidas; es decir, unos factores en unos productos.

Para definir un proceso es preciso fijar algunas ideas:

- Existir un plan operativo para convertir ciertas entradas en unas salidas determinadas.
- Estar dotado, en consecuencia, de una estructura u orden entre los elementos operativos de la función transformadora.
- Todo ello se logra a través de una determinada técnica o según cierta clase de tecnología.

**Producto o servicio:**

Se define como producto (bien material) o servicio (bien inmaterial) la salida u output de un proceso económico. Representa el objetivo de la función de transformación.

Incluimos en el concepto de productos los subproductos, residuos y desperdicios. Así como los productos semiterminados y en curso.

**Rendimiento:**

Se entiende como la cantidad de productos o salidas que el proceso económico obtiene en determinado tiempo de transformación.

La comparación de la capacidad potencial de rendimiento con la realmente producida servirá para definir el grado de eficiencia técnica del proceso.

Utilizamos el concepto de productividad media de los factores:

$$r_t = \text{Salidast} / \text{Entradast} = \text{Productost} / \text{Factorest}$$

La medida de la eficacia técnica por unidad de tiempo del proceso podrá determinarse siguiendo la siguiente expresión:

$$e_t = \text{rendimiento\_real} / \text{rendimiento\_potencial}$$



## **1.6 CONCEPTOS ECONÓMICOS:**

Siguiendo con las definiciones descritas en el tema de aspectos básicos de contabilidad de costes, de los mismos apuntes académicos de la Universidad de Oviedo (2010), pasamos ahora a describir una serie de conceptos económicos que consideramos esenciales:

### **Coste:**

Se entiende por coste la medida y valoración del consumo realizado o previsto por la aplicación racional de los factores para la obtención de un producto, trabajo o servicio.

### **Gasto:**

El gasto se corresponde con los conceptos enunciados en el grupo 6 del Plan General Contable, por lo que se relaciona íntimamente con las adquisiciones de bienes o servicios, las amortizaciones y los deterioros.

### **Compra:**

La compra es la adquisición o acopio de determinados bienes. La compra originará un gasto pero no necesariamente un coste, puesto que en este caso no tiene porqué cumplirse el requisito del consumo del bien. En efecto, puede comprarse una determinada cantidad de un bien y consumirse otra distinta.

### **Inversión:**

La inversión supone la adquisición de bienes cuya participación en el proceso productivo se prolonga a lo largo de varios ejercicios. El consumo diferido que se plantea en este caso implica que el total de la inversión no pueda considerarse coste por no haber sido totalmente consumido. Por el contrario, el consumo parcial de la inversión sí que puede considerarse un coste; éste sería el caso de la amortización real anual.

### **Pago:**

Un pago es un flujo dinerario hacia el exterior y, en general, representa la cancelación de obligaciones contraídas por la empresa, muchas de ellas contrapartidas de los flujos económicos que caracterizan al gasto, compra o inversión.

Existen diferentes divergencias con el concepto de coste:

- Hay costes que no se pagan, como las amortizaciones; y hay pagos que no se computan como costes, como los intereses de la deuda.
- Hay pagos aplazados, cuyo coste se imputa en el momento presente.

**Precio:**

Se entiende por precio la expresión monetaria dada a un producto o servicio según el valor asignado por el mercado o por el cálculo en términos de oportunidad del valor de un trabajo realizado por la propia empresa en un momento de tiempo. En definitiva, es el valor expresado en unidades monetarias para poder adquirir un bien o también la cantidad de dinero que se recibe en sustitución del bien vendido.

**Ingreso:**

Se llama ingreso a la multiplicación del precio por la cantidad de productos, servicios o trabajos vendidos u obtenidos. Los ingresos se pueden clasificar en externos y calculados. Los primeros hacen referencia a los obtenidos por la venta en un mercado de los productos o servicios, valor determinado por el precio que asigna el citado mercado, y los segundos el valor calculado de los trabajos realizados por la propia empresa, el cual puede venir dado, tanto en términos de coste necesario para su obtención, como del precio que la empresa hubiera tenido que pagar de haberlo adquirido en el exterior.

**Margen:**

Se entiende por margen la diferencia entre los ingresos y los costes de producción directamente vinculados a la obtención y venta de un producto. Esta definición se contempla en un sentido total, ya que su concreción unitaria al producto sería la diferencia entre precio y coste.

Los márgenes son un instrumento de comparación y medición de los ingresos con ciertos costes, pudiéndose calcular diversidad de ellos.

El margen industrial se forma por la diferencia entre los ingresos por ventas y el coste industrial de los productos vendidos. El margen comercial es el resultado de deducir del margen industrial los costes de distribución o comerciales.

El margen de contribución bruto de un producto se determina por la diferencia entre los ingresos y el coste industrial variable del producto vendido. Deduciendo de este último margen el coste fijo directo, se determina el margen de contribución neto.

Además de lo anterior y específico al mundo de la construcción, debemos de saber diferenciar entre los siguientes conceptos que aparecen definidos en el Real Decreto 1098/2001, de 12 de octubre, por el que se aprueba el Reglamento general de la Ley de Contratos de las Administraciones Públicas (Ministerio de Hacienda, 2001). En su artículo 130 dice:

**1.** El cálculo de los precios de las distintas unidades de obra se basará en la determinación de los costes directos e indirectos precisos para su ejecución, sin incorporar, en ningún caso, el

importe del Impuesto sobre el Valor Añadido que pueda gravar las entregas de bienes o prestaciones de servicios realizados.

**2. Se considerarán costes directos:**

- a) La mano de obra que interviene directamente en la ejecución de la unidad de obra.
- b) Los materiales, a los precios resultantes a pie de obra, que quedan integrados en la unidad de que se trate o que sean necesarios para su ejecución.
- c) Los gastos de personal, combustible, energía, etc. que tengan lugar por el accionamiento o funcionamiento de la maquinaria e instalaciones utilizadas en la ejecución de la unidad de obra.
- d) Los gastos de amortización y conservación de la maquinaria e instalaciones anteriormente citadas.

**3. Se considerarán costes indirectos:**

Los gastos de instalación de oficinas a pie de obra, comunicaciones, edificación de almacenes, talleres, pabellones temporales para obreros, laboratorio, etc., los del personal técnico y administrativo adscrito exclusivamente a la obra y los imprevistos. Todos estos gastos, excepto aquéllos que se reflejen en el presupuesto valorados en unidades de obra o en partidas alzadas, se cifrarán en un porcentaje de los costes directos, igual para todas las unidades de obra, que adoptará, en cada caso, el autor del proyecto a la vista de la naturaleza de la obra proyectada, de la importancia de su presupuesto y de su previsible plazo de ejecución.

Además, en el 131 añade:

Se denominará presupuesto de ejecución material el resultado obtenido por la suma de los productos del número de cada unidad de obra por su precio unitario y de las partidas alzadas.

El presupuesto base de licitación se obtendrá incrementando el de ejecución material en los siguientes conceptos:

**1. Gastos generales de estructura** que inciden sobre el contrato, cifrados en los siguientes porcentajes aplicados sobre el presupuesto de ejecución material:

- a) Del 13 al 17 por 100, a fijar por cada Departamento ministerial, a la vista de las circunstancias concurrentes, en concepto de gastos generales de la empresa, gastos financieros, cargas fiscales, Impuesto sobre el Valor Añadido excluido, tasas de la Administración legalmente establecidas, que inciden sobre el costo de las obras y demás derivados de las obligaciones del contrato. Se excluirán asimismo los impuestos que gravan la renta de las personas físicas o jurídicas.
- b) El 6 por 100 en concepto de beneficio industrial del contratista.

Estos porcentajes podrán ser modificados con carácter general por acuerdo de la Comisión Delegada del Gobierno para Asuntos Económicos cuando por variación de los supuestos actuales se considere necesario.

2. El Impuesto sobre el Valor Añadido que grave la ejecución de la obra, cuyo tipo se aplicará sobre la suma del presupuesto de ejecución material y los gastos generales de estructura reseñados en el apartado 1.

También hay que tener claro lo que significa un **medio auxiliar**, según Javier Ceres Rodríguez (2009):

Son medios auxiliares aquellas herramientas, maquinaria, montajes provisionales, etc. que las distintas unidades de obra que componen nuestro proyecto nos van a exigir que utilicemos o realicemos para que la propia ejecución de la obra nos sea posible. Al igual que los costes indirectos, los medios auxiliares deben de venir reflejados de forma porcentual en cada uno de los precios descompuestos del proyecto. En este caso casi en la totalidad de los proyectos se incluye un porcentaje para ellos, porcentaje que no en todos los casos tiene porque ser el mismo. Para el control de costes de la obra podríamos optar por incluir en nuestros precios de obra un porcentaje que incrementara el precio final de esta unidad de obra pero sin embargo es más lógico que los medios auxiliares los dividamos en dos tipos, los que difícilmente podemos asignar a una o varias unidades de obra y los que perfectamente podemos asignar a unidades de obra determinadas. El primer caso es, por ejemplo, la grúa torre que es un medio auxiliar que va a ser utilizado por la mayoría de las unidades de obra y por tanto nos es prácticamente imposible decir que porcentaje sería el correcto a imputar a cada unidad de obra. Este tipo de medios auxiliares se consideran medios auxiliares generales y se deben de considerar como coste de la obra en general. El segundo caso es, por ejemplo, el andamio de fachada, cuyo coste se debe de imputar a las unidades de obra de las que se componga la fachada y figurará en el correspondiente precio descompuesto que realicemos de estas unidades. Debo de señalar que independientemente de donde se asigne cada uno de los medios auxiliares el coste final de la obra va a resultar el mismo, pero sin embargo si por descuido o comodidad abusamos de la utilización de los medios auxiliares generales provocaremos una desviación en los costes reales de las distintas unidades de obra. Si el andamio de fachada, que solo se utiliza para esta unidad de obra se imputa como gasto auxiliar general estaremos disminuyendo el coste real de la fachada y aumentando el de otras unidades de obra, lo que a la larga no solo nos provocará desviaciones en los precios descompuestos sino que además jamás llegaremos a saber el coste real de las distintas unidades de obra. Como se puede comprobar en el caso práctico de nuestro control de costes existen varios casos en los Gastos Generales, Costes Indirectos y costes de Medios Auxiliares son gastos que realmente podríamos considerar del mismo modo, y de hecho así se hace en la realidad. Dicho de otro modo de forma legal (De forma teórica podríamos decir realmente) los Gastos Generales, los Costes Indirectos y los Medios Auxiliares (No todos estos sino los que de alguna forma participan en un importante porcentaje de obra) son gastos que se incluirán en costes periodificables, independientemente del concepto que los produzca.

Una vez definidos todos los conceptos necesarios de la contabilidad de costes, se nos plantea la siguiente cuestión: ¿Dónde ubicamos los costes dentro de un proyecto?

La respuesta está entre los contenidos mínimos de un proyecto que nos marca el Código Técnico de la Edificación (CTE): mediciones y presupuesto.

Tal y como seguimos leyendo en el libro *Análisis y control de costes en la construcción* del docente Javier Ceres Rodríguez (2011) tenemos que:

### **Mediciones:**

Son la cantidad de que el proyecto prevé ejecutar en cada una de las distintas unidades de obra. Al ser el presupuesto el resultado de la multiplicación de las mediciones por el precio podemos decir que dependiendo de ellas tendremos uno u otro resultado. Independientemente del tipo de contrato por el que se rija la ejecución de la obra las mediciones son necesarias para conocer la previsión inicial. Se distingue entre medición de proyecto y medición real de obra.

### **Medición de proyecto:**

Es aquella que figura en el presupuesto del proyecto y por tanto sobre él no tenemos ninguna influencia incluso podríamos decir que ningún trabajo que realizar.

### **Medición real de obra:**

Teniendo en cuenta los distintos documentos del proyecto la medición de la obra se debe de realizar lo antes posible, incluso antes de contratar la obra como ya hemos señalado, de tal forma que nos posibilite tener una realidad propia sobre la obra que vamos a tener que ejecutar. La medición de una obra, cada día más si tenemos en cuenta las distintas herramientas informáticas de la que disponemos, se puede realizar de muchas maneras diferentes. No existe forma alguna de poder indicar cuál es la mejor o la más fiable, pero sin embargo si podemos asegurar que la que más útil que nos va a resultar es aquella que realicemos con el detalle suficiente para que su comprobación, actualización, modificación etc. no nos obligue a tener que repetirla una y otra vez.

Por tanto si la medición real de obra la realizamos de forma detallada, y ordenada el control de costes nos resultará mucho más sencillo de realizar. Sin duda el tiempo que vamos a tardar de más en realizar esta medición lo vamos a ahorrar con creces los distintos meses que dure la ejecución de la obra.

**Presupuesto:**

El objeto del presupuesto de un proyecto, ya sea este integrado o no por varios parciales, es reflejar los precios unitarios, los descompuestos, en su caso, el estado de mediciones y los detalles necesarios para su valoración. Sin duda alguna el presupuesto de un proyecto es el documento que más nos va a ayudar a poder realizar la primera estimación del coste de la obra. Nos vemos obligados a señalar que en el presupuesto de un proyecto es la descripción de la unidad de obra la que nos debe de servir para la valoración de la misma, independientemente de lo que los precios unitarios o descompuestos (de existir) nos indiquen. No existe norma o reglamento alguno que regule la redacción y/o detalle con el que se deben de realizar los listados de precios unitarios y descompuestos que van a formar parte del presupuesto de un proyecto, siendo el proyectista el que decide la forma de redacción, redacción que el contratista puede tener en cuenta o no, siempre que sea consciente que la unidad de obra que debe de ejecutar es la descrita en el enunciado de la misma.

## **CAPÍTULO 2. SISTEMAS DE CONTROL DE COSTES (ESTADO DEL ARTE)**

Una vez ubicados los costes dentro de un proyecto de edificación, vamos a ver ahora los distintos sistemas o métodos de control que existen en la actualidad y que nos parecen de vital importancia enumerar y definir. Los métodos encontrados y analizados son los siguientes:

### **Sistemas clásicos:**

- **2.1 DIRECT COSTING**
- **2.2 FULL COSTING**

### **Basados en recursos:**

- **2.3 RESOURCE BASED COSTING – RBC**

### **Basados en actividades:**

- **2.4 ACTIVITY BASED COSTING – ABC**
- **2.5 TIME-DRIVEN ACTIVITY-BASED COSTING – TDABC**

### **Basados en fundamentos estadísticos:**

- **2.6 TIME-COST TRADE OFF PROBLEM – TCTP**
- **2.7 MULTI MODE TIME-COST TRADE OFF PROBLEM – MTCTP**
- **2.8 GREY MODEL GM (1,1)**

### **Basados en principios del PMBOK:**

- **2.9 MÉTODO DEL VALOR GANADO – EVM**
- **2.10 COST VALUE RECONCILIATION – CVR**
- **2.11 MÉTODO IBSM**
- **2.12 LINEAS DE BALANCE – LOB**

### **Basados en principios LEAN:**

- **2.13 TEORIA DE LAS RESTRICCIONES – TOC**
- **2.14 TARGET COSTING – TC**
- **2.15 KAIZEN COSTING – KC**
- **2.16 TARGET VALUE DESIGN – TVD**
- **2.17 BENCHMARKING**

## 2.1 DIRECT COSTING

### ORIGEN Y PRINCIPIOS BÁSICOS

También conocido como método del coste variable o costes parciales.

Según Vicente Serra Salvador (2003), los antecedentes de la contabilidad de costes parciales los encontramos en Schmalenbach en Alemania y el norteamericano Harris en 1936, que es el autor que utiliza por primera vez en una publicación el término "Direct-costing", si bien las ideas fundamentales ya habían sido incipientemente llevadas a la práctica en Gran Bretaña y Alemania. Durante los años 1950-60 se producen numerosos estudios que ponen de manifiesto las relaciones entre coste-volumen-ingreso-beneficio.

Los métodos de cálculo de costes parciales van dirigidos a la obtención de márgenes relevantes para tomar decisiones. No son tanto un modelo para presentar información en las cuentas anuales de las empresas, sino información útil para los gestores.

La denominación "coste directo", en sus primeras manifestaciones, indica que únicamente se imputan a los productos aquellos costes que tienen una variación directa con la producción de la empresa. Como es fácil deducir éstos no se corresponden con lo que en sentido estricto podemos entender que es un "coste directamente imputable al producto", ya que pueden existir factores de producción únicamente implicados en la fabricación de un producto cuya naturaleza sea fija y no variable (por ejemplo, una máquina, un local, personal técnico, etc.). En sus planteamientos iniciales, la denominación de coste directo debe entenderse más bien como coste variable.

Este es un sistema unívoco de costes: la evolución de los resultados depende solamente de la evolución de las ventas y no de la producción.

Suelen utilizarlo las empresas comerciales ya que los costes directos o los variables representan la mayor parte de los costes.

Para este método hay que tener claros los siguientes conceptos de costes:

- Costes variables, son los que varían forzosamente en el mismo sentido que la producción o actividad, aunque no siempre de una manera estrictamente proporcional.
- Costes fijos, son independientes de la producción o actividad, aunque se modifican como consecuencia de cambios en la capacidad operativa de la empresa.
- Costes directos, aquellos asignables al objeto de cálculo según mediciones inequívocas o exactas.
- Costes indirectos, los que necesitan del establecimiento de supuestos para su asignación o imputación a los objetos de cálculo.

Este método considera que los costes indirectos fijos de la producción deben imputarse como carga del periodo (trimestre, semestre, año...). Dicho de otra forma, imputa todos los costes fijos en el periodo en el que se originaron, por lo que no traslada los costes a otros periodos.



Las principales características del método son las siguientes:

- Diferencia los costes indirectos en variables (dependen del nivel de actividad) y fijos (constantes aunque varíe el nivel de actividad).
- Los costes indirectos fijos de producción no forman parte del coste de fabricación de los productos. Se consideran costes del periodo, se aplican al final para el cálculo del resultado.
- Los márgenes se calculan con los costes de periodo variables.
- Calcula un coste parcial que incluye únicamente los costes variables, en principio directos.
- Los costes variables son interpretados como estrictamente proporcionales con la actividad de la empresa, de manera que el coste variable unitario se supone constante.
- Los costes fijos están vinculados al periodo, lo cual quiere decir que su valor será llevado íntegramente a la cuenta de pérdida y ganancias para configurar el resultado del ejercicio.

### SOPORTE MATEMÁTICO

El resultado de una empresa que utilice este modelo de asignación de costes vendrá dado por la siguiente expresión matemática:

$$Rd_{cp} = \sum_{i=1}^n Q_{vi} (pv_i - cv_{pi}) - CFP - \sum_{i=1}^n Q_{vi} \cdot cv_{oi} - OCF$$

Ecuación 1. Resultado con Direct Costing

Fuente: (Argilés Bosch, 2007)

Donde  $Rd_{cp}$  representa el resultado del periodo contable por costes parciales para una empresa que tenga  $n$  productos,  $Q_{vi}$  la cantidad vendida de producto  $i$  en el periodo,  $pv_i$  el precio de venta unitario aplicado a dicho producto,  $cv_{pi}$  su coste variable unitario de producción para el periodo considerado,  $CFP$  los costes fijos de producción del periodo,  $cv_{oi}$  representa los otros costes variables unitarios no imputables y  $OCF$  los otros costes fijos no imputables, es decir, los costes que no son de producción. Suponemos, pues, que dentro de los otros costes que no son de producción, una parte es variable en relación a la cantidad vendida y otra parte es fija.

### VENTAJAS

- Es útil para la toma de decisiones, puesto que permite planificar las actividades de la empresa y adoptar políticas de precios más racionales.
- Los márgenes de contribución se reflejan como función de las ventas.
- Como los costes de producción no forman parte del valor de las existencias, es un criterio de valoración más prudente

## INCONVENIENTES

- Tanto los costes indirectos fijos de producción como los variables forman parte del coste de las unidades producidas.
- No es admitido por los principios de contabilidad generalmente aceptados para la valoración de existencias.
- La variabilidad proporcional de los costes constituye una simplificación que solo tiene sentido dentro de un rango de actividades (cifras de actividad-ventas), o sea con el límite de la capacidad productiva existente. Con independencia de la modificación que puedan experimentar los costes fijos cuando se quiere alcanzar una actividad que rebasa la capacidad productiva de la empresa, podemos decir que los costes variables no se comportan siempre de una forma proporcional. Si una empresa aumenta su producción incrementando su intensidad de producción, o traspasando pedidos a terceros para completar su propia fabricación, puede encontrarse con costes de comportamientos progresivos (más que proporcionales). A esto hay que añadir que los costes variables indirectos, sobre todo los que corresponden a los lugares de costes auxiliares, no suelen comportarse de forma estrictamente proporcional a las cantidades producidas.
- Aunque la mano de obra directa se considera, normalmente, como un coste variable, sólo debe considerarse variable cuando el coste-hora es suficientemente estable como consecuencia de la forma de contratación y tipo de remuneración del personal.
- La imputación global de los costes fijos a la cuenta de resultados no tiene en cuenta dos cuestiones importantes:
  - o Parte de los costes fijos pueden ser directos a algún producto u objeto de cálculo sobre el que pueda haber interés en obtener márgenes.
  - o Puede ser conveniente establecer categorías de costes fijos teniendo en cuenta la posibilidad de que algunos componentes sean disminuidos o suprimidos. En unos casos los plazos para la suspensión pueden ser relativamente breves (por ejemplo la cuota fija de una conexión telefónica), mientras que en otros pueden ser muy largos (utilización de una máquina.)

## LIMITACIONES

- Se supone una variabilidad estrictamente proporcional de los costes variables.
- Se supone que los costes fijos, reales o previstos se mantienen durante un horizonte temporal a corto plazo, en el que se aplica el modelo.
- Se supone que el volumen de producción determina los costes y los ingresos.
- En empresas multiproducto se supone que se mantiene una composición de las ventas determinada, lo cual permite trabajar con un margen invariable.

Con el fin de resolver algunos de los inconvenientes planteados, la doctrina contable ha ido mejorando el modelo inicial de manera que, al menos, es posible hablar del **Direct-Cost Desarrollado**, que constituye un perfeccionamiento dirigido a mejorar la significación de los márgenes de contribución por imputación de los costes fijos directos al producto u objetos de cálculo con los que se vinculan. El método de Direct-Cost Desarrollado considera que los componentes de los costes fijos pueden ser asignados a:

- Cada uno de los tipos de productos.
- Cada uno de los grupos de productos.
- Cada una de las áreas de actividad empresarial.
- El conjunto empresarial.

Es importante señalar que cuando se indica que hay costes fijos para cada tipo de producto, grupos, etc., no se trata de hacer un reparto sobre bases más o menos razonables, sino que estamos refiriéndonos a la existencia de costes fijos directos, por ello también son denominados propios de un producto o actividad.

Los costes fijos directos o propios están vinculados por su propia naturaleza al producto o proceso considerado y, por tanto, deberían desaparecer si la fabricación del producto cesa.

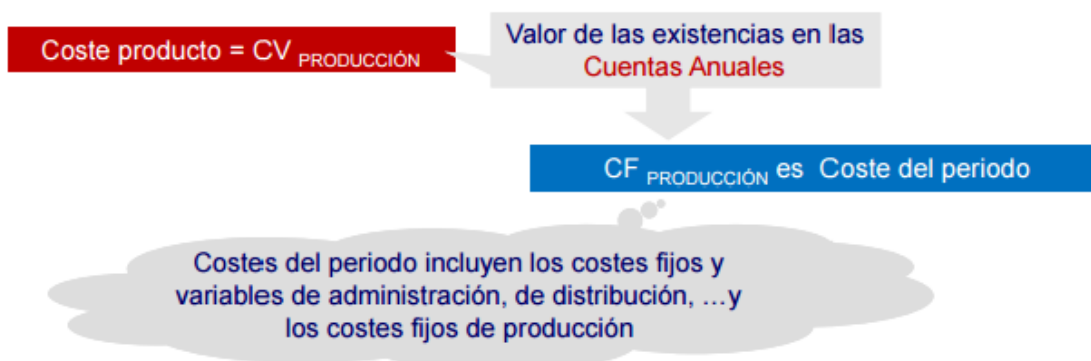


Ilustración 6. Direct Costing

Fuente: (Universidad de Oviedo, 2010)

## 2.2 FULL COSTING

### ORIGEN Y PRINCIPIOS BÁSICOS

También conocido como método del coste completo, o de absorción, su origen es anterior a 1936.

Este método considera los costes indirectos de producción como costes del producto, es decir, los considera inventariables. Como tal, si la producción de un periodo no se vende en su totalidad, este modelo, traslada al periodo siguiente los costes indirectos fijos de los productos no vendidos. Intenta vincular todos los costes a los distintos productos o servicios.

Como leemos en el artículo de Josep M<sup>a</sup> Argilés Bosch (2007), el resultado en el modelo de asignación a costes completos, a diferencia del Direct costing, depende no solamente de las ventas, sino también de la producción. Podríamos decir que el resultado es equívoco. Dado que depende de la evolución de esas dos variables se pueden producir equívocos o distorsiones en la información sobre el resultado. Efectivamente, el resultado aumentará cuando las ventas y la producción aumenten, y viceversa. El equívoco puede resultar cuando ambas variables evolucionen en sentido contrario, es decir, cuando las ventas aumenten y la producción disminuya, o viceversa. Entonces se obtendrán resultados que pueden parecer anómalos o evolucionar de manera extraña. Estas son las distorsiones en los resultados con que se encontró Harris en 1936, y para solucionar los cuales propuso el “direct costing”.

El hecho de que en el «full costing» se produzcan trasvases de costes fijos de un período a otro puede dar lugar a situaciones en que la cuenta de resultados ofrece información paradójica, especialmente, cuando las ventas y la producción evolucionan en sentido contrario, y en el caso de que haya existencias iniciales de producto con precios de coste diferentes de los del período. En estos casos la cuenta de resultados corre el riesgo de ofrecer una información que puede parecer paradójica a un observador poco atento, y que puede desorientar sobre la verdadera evolución del negocio.

Suele aplicarse en empresas que operan en sectores tales como el industrial (textil, automóvil, agroalimentario, conservero, petróleo, químico, cemento...) y el de servicios (hospitales, escuelas,...). Las organizaciones que generan productos en masa, con producciones homogéneas y productos repetitivos, suelen implantar un sistema de costes completos por proceso.

Las principales características del método son las siguientes:

- Es uno de los métodos más empleados en la práctica empresarial.
- Propone dividir los costes de producción en directos e indirectos (estos últimos se repartirán según algún criterio).
- Todos los costes indirectos de producción se añaden al producto ya sean variables o fijos, y forman parte del valor de las existencias.
- Los costes del periodo (costes comerciales, de administración o estructura y costes financieros) se deducen directamente del resultado

## SOPORTE MATEMÁTICO

El resultado por el modelo full costing, que simbolizamos mediante el término  $Rd_{cc}$ , en el caso de que no hubiera existencias iniciales de producto y utilizáramos un sistema de costes inorgánico vendría dado por la siguiente expresión:

$$Rd_{cc} = \sum_{i=1}^n Q_{vi} \left( pv_i - cv_{vi} - \frac{CFP}{\sum_{j=1}^n Q_{vj} \cdot q_j} q_i \right) - \sum_{i=1}^n Q_{vi} \cdot cv_{vi} - OCF$$

**Ecuación 2. Resultado con Full Costing**

**Fuente: (Argilés Bosch, 2007)**

Donde  $q_i$  representa el número de unidades de obra (o de unidades de suplementos utilizadas como criterio de imputación de los costes fijos de producción) consumidas para la elaboración de una unidad del producto  $i$ .

## VENTAJAS

- No se subestima la importancia de los costes fijos.
- Es más defendible, desde el punto de vista teórico, que el método del coste variable.
- Evita que se reflejen pérdidas ficticias.

## INCONVENIENTES

- Los costes de comercialización y de administración se deben considerar costes del periodo, porque no se destinan a obtener los productos (actividad inversora), sino a desprenderse de ellos (actividad desinversora). A pesar de esto, es posible que determinadas actividades administrativas y de dirección afecten más al proceso productivo que al de ventas, en cuyo caso se considerarían coste del producto.
- Dado que la realidad es gradual y la contabilidad distingue netamente los costes directos y los costes indirectos, en el momento de establecer relaciones de causalidad entre costes y productos hay una imprecisión inherente al asignar los primeros a los segundos. La imprecisión será mayor cuanto más débil sea la relación de causalidad (cuanto más indirectos son los costes).
- El principio del coste de producción tan sólo garantiza una activación razonable de todos los costes de producto, pero no resuelve el problema de determinar correctamente el coste de cada uno de los productos en las empresas multiproducto.
- Coste del sistema y complejidad de implantación.

## LIMITACIONES

- No hay ninguna base de imputación de los costes indirectos que se pueda fundamentar de forma objetiva y unívoca.
- No es adecuado para preparar y controlar decisiones empresariales.
- Falta una distribución de costes entre los componentes fijos y variables.

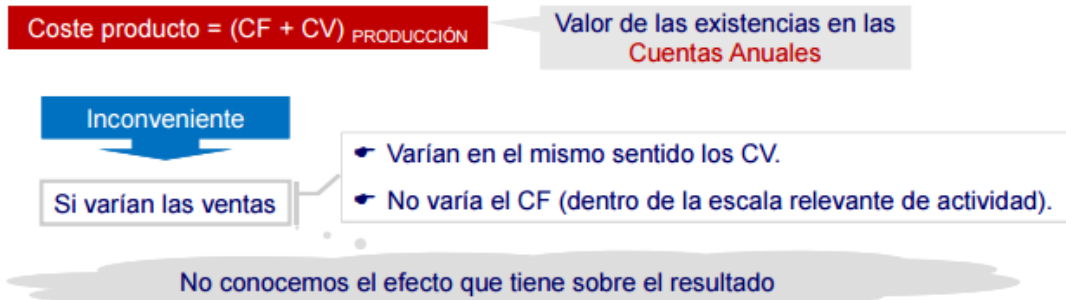


Ilustración 7. Full Costing

Fuente: (Universidad de Oviedo, 2010)

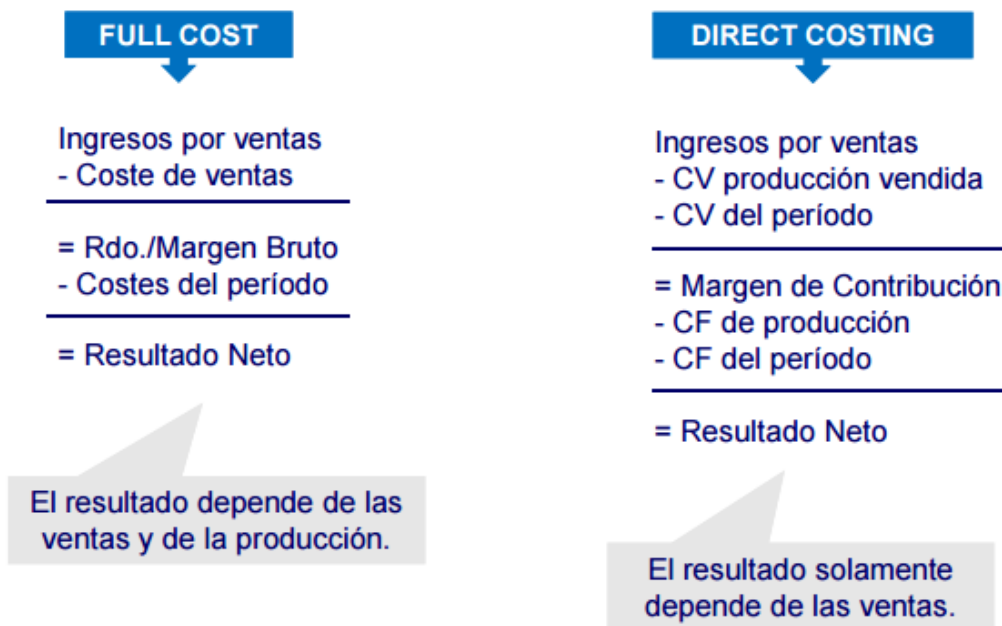


Ilustración 8. Comparación Full y Direct Costing

Fuente: (Universidad de Oviedo, 2010)

## 2.3 RESOURCE BASED COSTING – RBC

### ORIGEN Y PRINCIPIOS BÁSICOS

RBC, control de costes basado en recursos. RBC es un método tradicional que también se puede denominar fully direct costing. Este método se basa en un modelo natural de actuación del ser humano.

Este sistema podría tener su base o influencia más directa en una parte del Resource-based modelling a inicios de los años 80, en el cual se evalúan los recursos de materiales, energía, capital, tiempo e información asociada con la fabricación del componente o output. A menudo los valores de estas entradas o inputs solo se conocen dentro de unos amplios límites, pero es aplicable a todos los procesos o componentes de salida ya que todos consumen estos recursos básicos para su realización. A pesar de que se hable de manufactura y procesos industriales, se ve una clara conexión y símil con el mundo de la construcción. Cada una de las piezas a dar forma, ensamblar y dar acabado final, sería equiparable a cada una de las partidas a ejecutar en una obra o construcción.

Este modelo o sistema, tal y como indican sus autores en su artículo Cost Estimates to Guide Pre-selection of Processes (Esawi & Ashby, 2003), y salvando las distancias sobre el tema tratado y la libre interpretación que se hace en este trabajo, debe cumplir dos funciones principales:

- Que pueda ser aplicado a todos los procesos para la creación de diferentes materiales o ítems competitivos que permitan la comparación entre ellos a pesar de su diferente naturaleza.
- Que se pueda utilizar al principio del proceso de diseño (ya que su finalidad es orientar las decisiones en esta fase) antes de conocer muchos de los detalles de su forma final.

También dejan entrever que los datos extraídos deben de tratarse con la suficiente lógica y coherencia ya que están basados en suposiciones y experiencias que deben ser tomadas como meros indicadores generales para luego poder realizar el control y correcciones correspondientes, y ayudarnos a tomar decisiones. Su objetivo, como hemos listado arriba es la de conseguir comparar soluciones de diferente origen, lograr generalizar para proporcionar una breve descripción del proceso y sus atributos de forma rápida y comprensible.

### SOPORTE MATEMÁTICO

Cualquier producto está formado por varios componentes con una forma determinada. Estos se juntan o ensamblan para finalmente darles un acabado final (ya sea antes o después de juntarlos). El coste final del producto será por tanto la suma de la contribución de modelado, unión y tratamiento superficial, quedando en forma de ecuación de la siguiente manera:

$$C_{\text{producto}} = \sum C_s (\text{componentes}) + \sum C_j (\text{uniones}) + \sum C_{ST} (\text{tratamientos})$$

**Ecuación 3. The Total Manufacturing Cost**

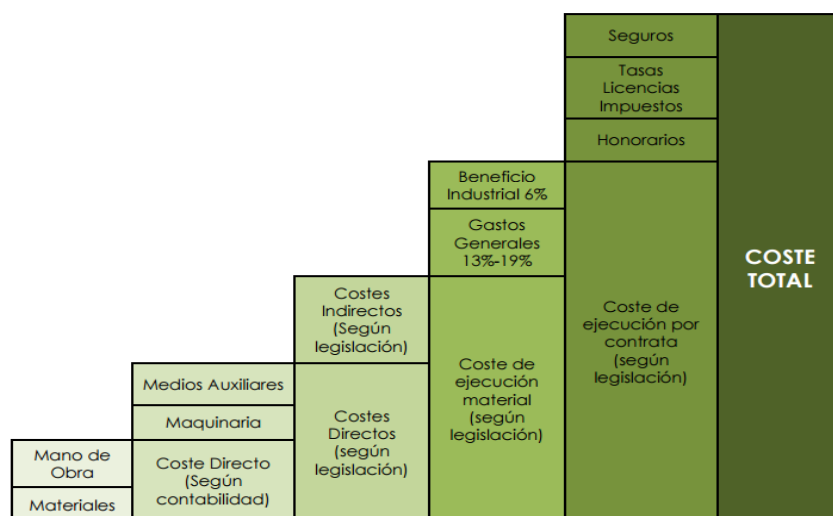
**Fuente: (Esawi & Ashby, 2003)**

Cuando el tamaño del producto es pequeño, el coste total vendrá generalmente marcado por el coste de herramientas específicas, plantillas, moldes y otros dispositivos. Cuando el tamaño del producto sea grande, como es el caso de las obras de construcción, su coste vendrá marcado por los materiales y el tiempo requerido para su ejecución (por lo tanto tendrán bastante importancia y hará falta un buen control, de los costes indirectos). Es por ello que en producciones de bajo volumen se ponga énfasis en controlar e intentar minimizar los costes de las herramientas y maquinaria, incluso si este cambio alarga los tiempos, mientras que por el contrario, en la producción de alto volumen, se requiere un procesamiento rápido y un desperdicio de materiales mínimo, incluso si esto implica una mayor inversión en maquinaria especial y específica para algunos trabajos.

La forma de presupuestar clásica, una vez introducido el método original, vemos más claramente que se basa en el estudio de la obra fruto de la división en partidas de carácter casi permanente y contratable. Esta concepción y ordenación lleva implícito la consideración de un “supuesto” proceso o flujo constructivo. El análisis y control de costes tradicional consiste pues en una serie de procedimientos y ejercicios basados en esta división asociada a un supuesto flujo constructivo dado como bueno. El análisis de los recursos empleados y los sistemas de control de costes importados de otras industrias arrojan el actual panorama (adoptado por normativas de rango superior; Ley de Contratos de las Administraciones Públicas).

- CD Coste directo = MO + Mat + Maq + MAux
- CI Costes indirectos.
- PEM Presupuesto de ejecución material Índice.
- PEC Presupuesto de ejecución por contrata = PEM + GG (13-19%) + BI (6%)
- PT Presupuesto total = PEC + honorarios + tasas + licencias + impuestos + seguros...

En la siguiente imagen podemos verlo resumido y resaltar la importancia de su carácter aditivo:



**Ilustración 9. Formación del coste total en RBC**

**Fuente: (Fernández Plazaola & Pons Morera, 2013)**



## **VENTAJAS**

- Herramienta eficaz, versátil y contrastada.
- Permite cierto nivel de toma de decisiones.
- Permite cierto control de las inversiones.
- Referente para la elaboración de ofertas.
- Referente en la licitación y contratación.
- Referente de prescripción de productos.
- Válido para tasaciones y valoraciones.
- Válido para aplicación fiscal.
- Válido como generador de índices de actividad económica.
- Refrendada por instituciones y adoptada como método establecido en la LCAP.

## **INCONVENIENTES**

- Asigna un gran volumen de recursos de forma lineal y continua a todas las unidades de obra.
- Ineficiente errónea y confusa imputación de CI.
- Información poco fiel para su análisis de control de costos.
- Mal control de asignación por centros.
- El sistema RBC informa de qué dinero se ha gastado y quién lo ha gastado pero falla en los informes del costo real de cada actividad y proceso.
- La repetición del ciclo es una pérdida de tiempo y recursos y una importante pérdida de valor de nuestro trabajo hacia el cliente. Costo / Tiempo / Calidad / Seguridad / Programa y otra serie de restricciones deben formar parte de todo el proceso y dar cuerpo al análisis y la gestión.

## **2.4 ACTIVITY BASED COSTING – ABC**

### **ORIGEN Y PRINCIPIOS BÁSICOS**

El sistema de análisis y control de costes basado en actividades (y no en recursos) nace a mediados de los 80 en industrias manufactureras pero los primeros intentos en el sector de la construcción se realizan a partir del año 2000 de la mano de teóricos americanos como Kaplan o Cooper.

El ABC no es un sistema de reducción de costos. El sistema aporta mayor información sobre los procesos, lo que facilita la gestión para poder actuar sobre los flujos o procesos con mayor conocimiento y por tanto efectividad. Es útil para prevenir desviaciones en el costo.

La propuesta que hace este sistema es descender en la localización del coste (Departamento -> Sección -> Actividad) hasta un nivel en el que las distorsiones en precios de factores directos o cantidades de factor indirectos sean razonablemente asumibles.

Analiza el coste de lo que cuesta hacer ese elemento y el coste de todos los procesos hasta llegar a conseguir ese elemento, es decir se valoran también tiempos muertos, repeticiones, procesos sin valor y refleja una visión de flujo. Concibe la producción como un flujo de materiales e información consistente en transformación, inspección, movimiento y espera.

Asignar costes a actividades programadas en proyectos (GANTT) no es ABC. Estas actividades programadas tal cual las entendemos llevan asociadas infinidad de actividades y procesos.

#### **Principios básicos:**

- Implantar ABC implica un cambio de chip mental y consiste en descomponer las unidades de obra en procesos y sub-procesos casi infinitesimalmente para luego ser capaz de analizar cada uno de ellos. Es importante el grado de detalle en la localización del coste.
- El método consiste en imputar metódicamente todos los costes directos e indirectos de una empresa o proyecto a las actividades que los hacen necesarios y luego distribuye los costos de las actividades entre los productos.
- El sistema ABC considera que no todos los costes indirectos están relacionados con productos o unidades de obra, sino que muchos de los CI sobrevenidos (y muchas veces no contemplados) están vinculados con el conjunto de la orden de producción "lote de productos" o con el producto como un todo: su diseño, su control, su puesta en marcha...
- Todos estos procesos que en el sistema tradicional no se analizan y se distribuyen linealmente son analizados, parametrizados y valorados de manera individual en el ABC (esta es su principal ventaja).
- El sistema ABC establece la asignación de los costes indirectos no por el volumen total linealmente, sino por la utilización efectiva que para cada producto se hace de una actividad concreta. No existe una asignación arbitrariamente lineal.

## Metodología:

1. Identificar actividades (Actualmente se considera que un desglose entre 10 y 30 actividades, proporciona generalmente un nivel de detalles suficiente), que puede ser mediante entrevistas a los trabajadores.

La unidad relevante para el análisis estratégico de costes son las actividades y no los productos. Es por ello que existen distintos tipos de actividades:

- Actividades de nivel Unitario; realizadas cada vez que se produce una unidad de producto (pintar, hormigonar, colocar azulejos...)
  - Actividades de nivel Lote de productos; realizadas cuando se inicia una orden o se produce un lote de producto (preparación de máquinas, control de calidad del hormigón...)
  - Actividades de Mantenimiento; realizadas como necesidad para mantener la producción de cada tipo de producto (planificación, control de costes...)
  - Actividades de Apoyo; realizadas para sustentar el funcionamiento general del proceso de fabricación (jefe de obra, encargado, procesos de compra, limpieza, seguridad...)
2. Asignar los costes indirectos a las diferentes actividades a través de los inductores de coste (normalmente será el tiempo).
  3. Identificar los inductores de cada una de las actividades.

- Inductores del coste o cost drivers:

Es el multiplicador por el cual hay que afectar el gasto para que el mismo se convierta en costo para una actividad definida. Por ejemplo: minutos de proceso, unidades, Kg...

- Inductores de Transacción:

Relativos al número de veces que se repite una operación, nº de usos de grúa, nº de ladrillos colocados, nº de usos de grúa, nº de ladrillos colocados, nº de facturas emitidas. Es el inductor más fácil de obtener, más económico y el más impreciso.

- Inductores de Duración:

Relativos a la cantidad de tiempo empleado para ejecutar la actividad está asociado al rendimiento, nº de horas de máquina, minutos de reuniones... se usa cuando hay variaciones en los rendimientos de una operación a otra.

- Inductores de Intensidad:

Miden directamente los recursos consumidos cada vez que se realiza la actividad. Se usan cuando el proceso o la actividad son demasiado complejos para utilizar alguno de los anteriores.

4. Calcular el coste de los inductores dividiendo el coste total de cada actividad entre su volumen de actividad normal.
5. Multiplica el coste del inductor por los inductores consumidos para obtener el coste de los objetos de coste (productos, clientes, etc...)

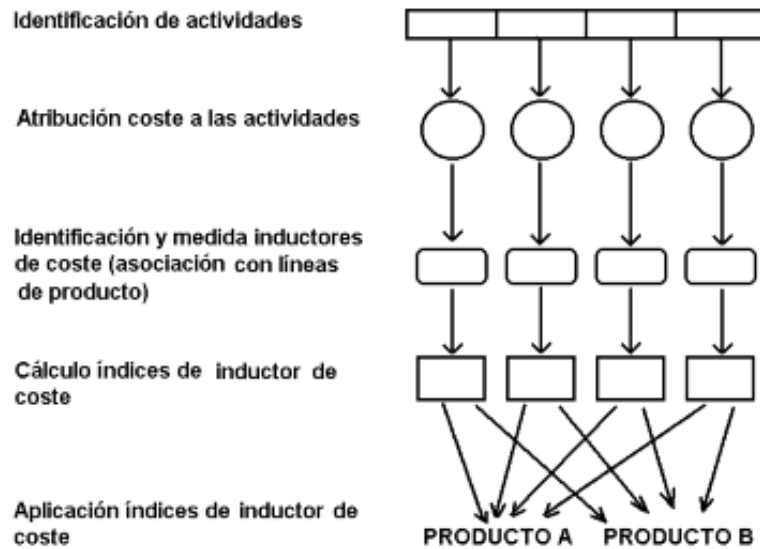


Ilustración 10. Metodología ABC

Fuente: (Catalá Alís & Yepes Piqueras, 1999)

### SOPORTE MATEMÁTICO

Se trata de realizar sencillas operaciones matemáticas siguiendo la metodología anterior o como en la tabla que vemos a continuación que es similar.

Se trata de simples operaciones básicas: sumas, restas, multiplicaciones y divisiones.

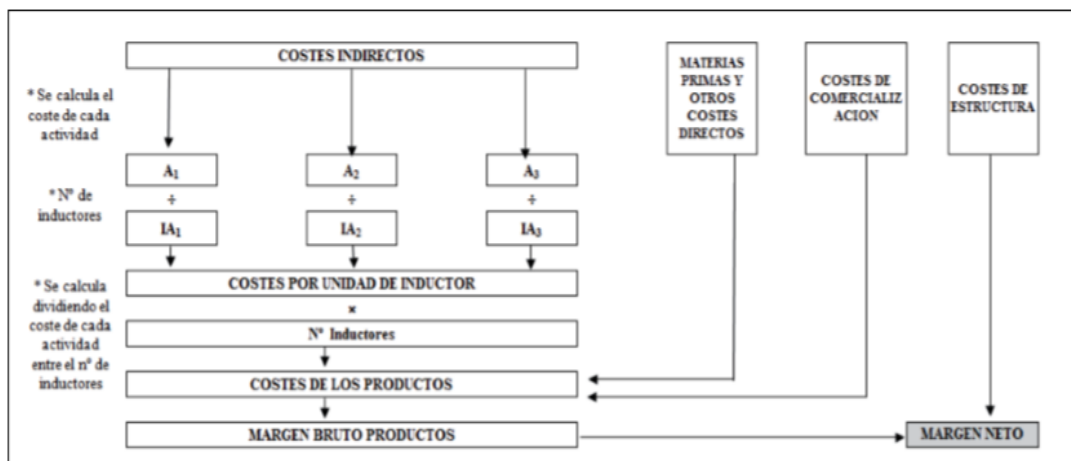


Ilustración 11. Costes en ABC

Fuente: (Ruiz de Arbuló López & Fortuny Santos, 2011)

## **VENTAJAS**

- Mejor imputación de los costes indirectos.
- Mayor información recogida de los procesos.
- Mejor información analítica de cada una de las partes.

Además, según Oriol Amat y Pilar Soldevila (2011):

- Permite calcular de forma más precisa los costes, sobre todo los relativos a determinados costes indirectos de fabricación, administración y comercialización.
- Aporta más información sobre los costes de las actividades que se realizan en la empresa, tanto las que aportan valor añadido como las que no. Estas últimas son las que se pueden intentar reducir o eliminar.
- Identifica productos, cliente u otros objetos de coste no rentables.
- Permite relacionar los costes con sus causas. Esto es de gran ayuda para gestionar mejor los costes. La gestión de costes con la filosofía ABC recibe la denominación de ABM (Activity Based Management), también denominada SIGECA (Sistema de Gestión de Costes basado en las Actividades). Esta gestión de costes mediante las actividades se orienta hacia la reducción de costes (mejora en la realización de actividades, eliminación y/o subcontratación de actividades, benchmarking de actividades...).
- La filosofía ABC también puede utilizarse para el control presupuestario y se denomina ABB (Activity Based Budgeting).
- Los costes resultantes con el sistema ABC no coinciden con el obtenido de forma tradicional, ya que, al eliminar determinados sesgos, distorsiona menos el coste real de la unidad de obra. Por tanto, con sistemas de coste basados en las actividades se obtiene información de mayor calidad para la gestión de una empresa constructora.
- Es aplicable a todo tipo de organizaciones.

## **INCONVENIENTES**

- Implementación costosa y complicada. Requiere mucha dedicación de las personas implicadas.
- Si se seleccionan demasiadas actividades se puede complicar y encarecer el sistema de cálculo de costes.
- Escaso valor para pequeñas empresas o proyectos.
- Determinados costes indirectos de administración, comercialización y dirección son de difícil imputación a las actividades.
- Los productos o servicios que son mejor tratados por sistemas de costes basados en volumen, tienen resultados más desfavorables al aplicar la filosofía de los costes de las actividades.

## **2.5 TIME-DRIVEN ACTIVITY-BASED COSTING – TDABC**

### **ORIGEN Y PRINCIPIOS BÁSICOS**

Los mismos autores que desarrollaron el ABC, Robert Kaplan y Steven Anderson, en el año 2004 le dan un nuevo enfoque llamado Time-driven ABC con el fin de superar algunas dificultades del sistema de costes ABC, y debido a la baja aceptación entre las empresas.

Tal y como leemos en el artículo Innovación en gestión de costes: del abc al tdabc (Ruiz de Arbuló López & Fortuny Santos, 2011):

- La puesta en marcha de un sistema ABC es un proceso muy largo, puesto que el desarrollo de entrevistas y encuestas necesarias para llegar a comprender las actividades que se realizan en la empresa exige mucho tiempo.
- Las empresas cuestionan la forma en que se realiza la asignación de los costes a las actividades porque muchas veces se basan en cálculos subjetivos que cada responsable hace sobre el porcentaje de su tiempo.
- Cuando se realizan las encuestas, muy pocos responsables informan del porcentaje de tiempo improductivo o no utilizado y, por tanto, se calculan los inductores de coste como si se trabajase a capacidad total.
- El modelo ABC no es lo bastante preciso como para permitir capturar la complejidad de las operaciones reales de una empresa.

Para mejorarlo, el TDABC se divide en las siguientes etapas o fases:

1. Identifica las actividades que son realizadas con los mismos medios para constituir los “grupos de recursos”.
2. Estima los recursos consumidos por cada “grupo de recursos”.
3. Estima la capacidad normal de cada grupo de recursos en términos de horas de trabajo.
4. Calcula los costes unitarios de los inductores (el más habitual es el minuto de trabajo) de cada grupo de recursos, dividiendo el coste de los recursos consumidos entre la capacidad normal.
5. Para cada tarea, determina el tiempo necesario de acuerdo con sus características.
6. Para valorar cada tarea, multiplica el coste unitario de los recursos por el tiempo necesario para llevarla a cabo.

## SOPORTE MATEMÁTICO

En aquellos casos en los que el tiempo necesario para realizar una actividad depende a su vez de varios inductores, se modela una ecuación de tiempo, la cual es una ecuación matemática que expresa el tiempo necesario para llevar a cabo una actividad en función de varios inductores como se muestra a continuación:

**Tiempo de proceso = suma de tiempos de actividades individuales =**

$$= (\beta_0 + \beta_1 \cdot X_1 + \beta_2 \cdot X_2 + \beta_3 \cdot X_3 + \dots + \beta_i \cdot X_i) = \beta_0 + \sum \beta_i \cdot X_i$$

**Ecuación 4. Time Equation**

**Fuente: (Ruiz de Arbuló López & Fortuny Santos, 2011)**

Donde  $\beta_0$  es el tiempo estándar para realizar la actividad básica.

$\beta_i$  es el tiempo calculado para la actividad incremental  $i$ .

$X_i$  es la cantidad de actividad incremental  $i$ .

## VENTAJAS

- El uso del parámetro tiempo como principal inductor de costes permite al sistema de costes TDABC evitar la compleja fase de asignar los costes de los recursos a las actividades, antes de vincularlos a los objetos de coste.
- Proporciona una información de costes más precisa que el sistema de costes ABC.
- Se pueden modelar las actividades de la empresa con un número no muy alto de ecuaciones de tiempo.
- Proporciona un análisis de la capacidad. Informa continuamente de la capacidad infrautilizada y sobre utilizada de sus empleados.
- Se centra en procesos y no en actividades, con lo que el modelo resulta más manejable.
- Es especialmente útil en las empresas donde existe diversidad de productos y complejidad de procesos productivos.

## INCONVENIENTES

- Proceso complejo de recopilación de información.
- Si el modelado de las ecuaciones de tiempo no se ajustan a la realidad, los costes también serán falsos.
- Su aplicación a empresas del sector servicios con trabajos normalmente menos estandarizados, su aplicación puede ser difícil.
- Pocas empresas aplican este sistema.

## 2.6 TIME-COST TRADE OFF PROBLEM – TCTP

### ORIGEN Y PRINCIPIOS BÁSICOS

Este método está basado en problemas estadísticos. De todos los problemas de optimización que se pueden aplicar a los proyectos, este es el más antiguo (60's), y se puede considerar que es un problema fácil. Se resuelve por programación lineal.

Está basado en una formulación de programación entera, o de optimización combinatoria.

Su función objetivo es una función convexa (con un solo óptimo), y es muy robusta.

Atendiendo a lo que dice Jose Luis Ponz en su tesis doctoral (2010):

*“El coste del proyecto está determinado por el coste de las tareas que intervienen y los recursos asignados a ellas, pero también está afectado por su duración y su evolución a lo largo del tiempo.*

*Existen muchísimos trabajos relativos a la optimización existente entre la duración del proyecto y el coste asociado a las tareas, problema conocido como TCTP o más popularmente como “crashing”, pero todos ellos hacen una tremenda simplificación del problema, aunque últimamente se están publicando trabajos mucho más cercanos a la realidad con un análisis mucho más exhaustivo de los recursos que intervienen en el proyecto, pero como siempre la industria de la construcción parece ir a la zaga.”*

### SOPORTE MATEMÁTICO

Según Jose Luis Ponz (2010), *“El modelo clásico del TCTP, supone que el coste de las tareas es inversamente proporcional a la duración de esta forma continua monótona decreciente, estableciéndola entre dos cotas denominadas como duración acelerada ( $da_i$ ) la inferior y duración normal ( $dn_i$ ) la superior, con dos costes asociados a estas duraciones que son el coste acelerado ( $Ca_i$ ) y Coste normal ( $Cn_i$ )”.*

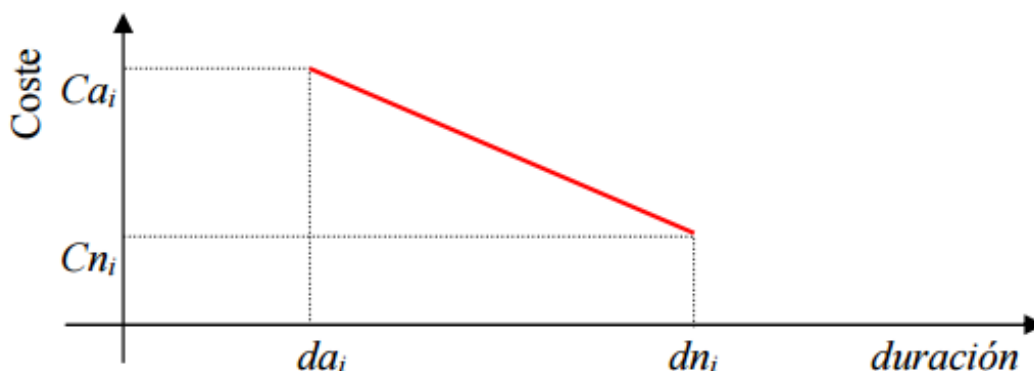
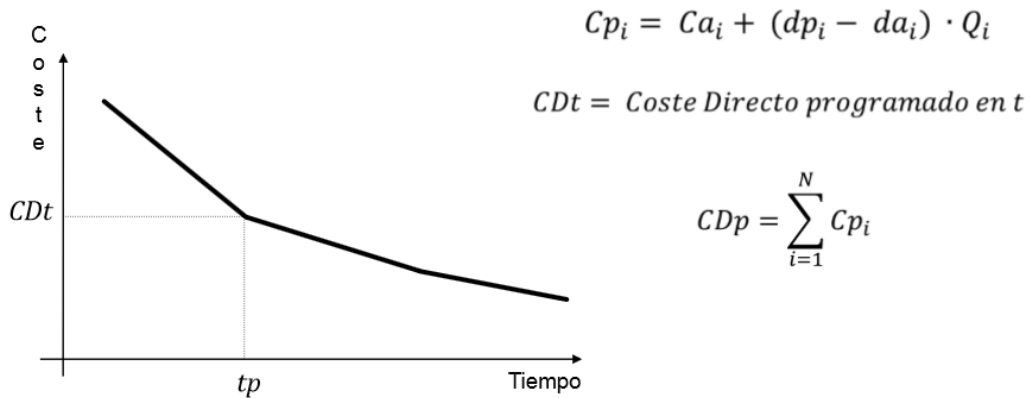


Ilustración 12. Modelo TCTP clásico

Fuente: (Ponz Tienda, 2010)





**Ilustración 13. Coste directo o de producción del proyecto**

**Fuente: (Bustos Chocomeli & González, 2013)**

### VENTAJAS

- Se considera un problema fácil.
- Se puede resolver mediante una hoja de cálculo.

### INCONVENIENTES

- Este modelado presenta demasiadas dudas como para darlo por cierto sin previamente haber realizado un análisis exhaustivo de los recursos intervinientes y los costes asociados a los mismos al establecer que los costes siempre sufren un incremento lineal inversamente proporcional a la duración de la tarea sin considerar otros factores.
- La naturaleza de los recursos intervinientes en un proyecto es diferente, y consecuentemente el efecto que estos producen en las tareas o que las tareas producen sobre los recursos.

## 2.7 MULTI MODE TIME-COST TRADE OFF PROBLEM – MTCTP

### ORIGEN Y PRINCIPIOS BÁSICOS

Este método, como el anterior, está basado en problemas estadísticos, pero es mucho más difícil que el anteriormente expuesto, ya que tiene varios óptimos locales.

Los suministros, por ejemplo, no son lineales, al igual que la utilización de bombas, grúas, etc. Cada componente se comporta de una forma, con lo cual, con esta mezcla de tipos de coste se producen saltos en la función.

### SOPORTE MATEMÁTICO

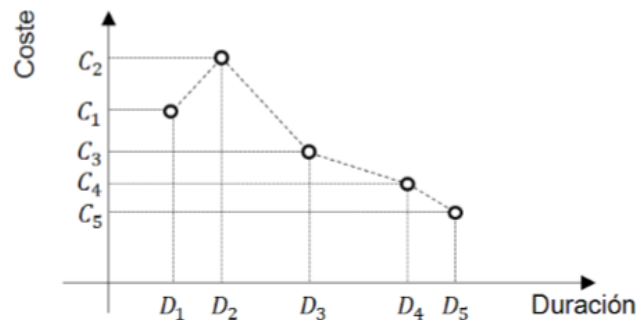


Ilustración 14. MTCTP

Fuente: (Bustos Chocomeli & González, 2013)

$$x_{ik} = \begin{cases} 1 & \text{si la tarea } i \text{ se ejecuta en modo } k \\ 0 & \text{si la tarea } i \text{ no se ejecuta en modo } k \end{cases}$$

$C_{ik}$  Coste de ejecutar la tarea  $i$  en modo  $k$   
 $r(i)$  Numero de modos en que se puede ejecutar la tarea  $i$   
 $N$  Número de tareas del proyecto

Minimizar:

$$CTP_p = Cf + p \cdot Cv + \sum_{i=1}^N \sum_{k=1}^{r(i)} [x_{ik} \cdot C_{ik}]$$

Sujeto a las siguientes restricciones:

$$\sum_{k=1}^{r(i)} x_{ik} = 1 \quad \forall i \in N$$

$$x_{ik} \in \{0, 1\} \quad \forall i \in N, k \in \{1, 2, \dots, r(i)\}$$

Ecuación 5. Multimode Time-Cost Tradeoff Problem

Fuente: (Bustos Chocomeli & González, 2013)

### VENTAJAS

- Se asemeja más a la realidad que el TCTP.

### INCONVENIENTES

- Complejidad algorítmica.
- Al no ser convexo, no se pueden aplicar los algoritmos de optimización convencionales, debiendo recurrir a enumeración o a la metaheurística.

## 2.8 MODELO GRÍS GM (1,1)

### ORIGEN Y PRINCIPIOS BÁSICOS

La teoría los sistemas grises fue fundada en China en 1982 y tiene una estrecha relación con los algoritmos genéticos. Permite manipular series de tiempo y realizar predicciones sobre ellas.

Todo aquel sistema que carece de información o del que se tiene únicamente de forma parcial se considera un sistema gris. Existe incertidumbre en sus parámetros, en la información estructural, en sus cotas o límites y sobre su comportamiento. Ejemplos de ello son el cuerpo humano, la agricultura o la economía.

El color gris se considera sinónimo de incompleto o incierto, al igual que un número gris es aquel cuyo valor exacto no se conoce, de ahí el nombre del método.

Durante años, esta teoría ha servido en China, según Julong Deng (1988), para solucionar muchos y variados problemas:

- La planificación económica regional de algunas provincias.
- Pronosticar rendimientos de grano.
- Analizar la economía agrícola.
- Planificar satisfactoriamente el riego.
- Construir modelos para protección biológica.
- Estimar efectos económicos.
- Pronosticar el tiempo.

Sus principales objetivos, entre otros, son:

- Establecer un modelo no funcional en lugar de análisis regresivo.
- Definir y constituir un Proceso gris reemplazando el proceso estocástico y encontrar técnicas en tiempo real en vez de modelos estadísticos, para obtener una aproximación al modelo con poca información, evitando la búsqueda de grandes cantidades de muestras.
- Construir un modelo diferencial llamado Modelo Gris (GM) donde poder procesar los últimos datos para reemplazar a los diferentes modelos basados en grandes cantidades de información.
- Desarrollar una nueva familia de métodos de predicciones grises en vez de series de tiempos y métodos regresivos.
- Desarrollar nuevas técnicas de control, por ejemplo el control predictivo gris, reemplazando al control clásico, que está referido al control a posteriori.

El principio del control de toda teoría, clásica o moderna, es controlar el comportamiento del sistema de acuerdo al estado de una muestra que ya ha tenido lugar o sufrido unos cambios. Es por tanto, un control a posteriori. Los inconvenientes de controlar a posteriori son los siguientes:

1. Imposibilidad de evitar accidentes con antelación.
2. Imposibilidad de un control oportuno.
3. Débilmente adaptable, poco flexible.

En la teoría del sistema gris, GM(n,m) denota un modelo gris, donde n es el orden de la ecuación diferencial y m es el número de variables. Se utiliza normalmente el GM (1,1) por su eficiencia computacional, y se conoce como “Modelo gris (Primer orden, Una variable)”. Cabe destacar que en aplicaciones en tiempo real, la carga computacional es el parámetro más importante después del rendimiento.

Este modelo se considera un proceso de control dinámico y sistemático a corto plazo, el cual funciona como un ciclo en el que controlamos y analizamos las continuas desviaciones previstas y cambiamos el esquema de costes a la vez que rectificamos la desviación. Estamos por tanto hablando del ciclo de Deming (Plan-Do-Check-Act). Se realiza un control activo y no pasivo como en otros métodos.

### SOPORTE MATEMÁTICO

Su fundamento matemático es bastante complejo, pero si inicia con la siguiente secuencia de datos a procesar:

$$x^{(0)} = (x^{(0)}(1), x^{(0)}(2), \dots, x^{(0)}(n)) \quad \text{con } x^{(0)} > 0, k = 1, 2, \dots, n.$$

**Ecuación 6. Secuencia a procesar GM(1,1)**

**Fuente: (Valenzuela León, 2011)**

La ecuación que rige el modelo es:

$$x^{(0)}(k) + az^{(1)}(k) = b \quad \text{donde } z^{(1)}(k) = 0,5x^{(1)}(k) + 0,5x^{(1)}(k - 1)$$

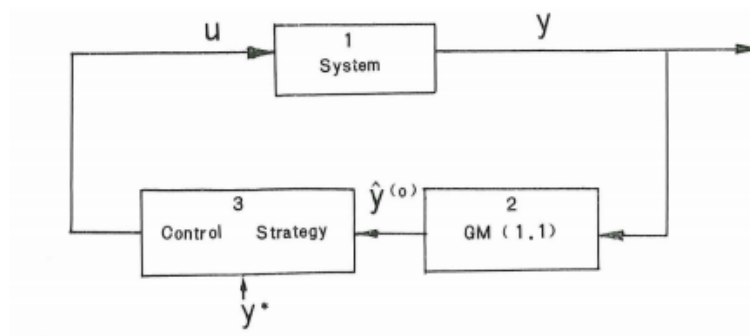
**Ecuación 7. Modelo GM(1,1)**

**Fuente: (Valenzuela León, 2011)**

Debe cumplir también una serie de condiciones y definir otros parámetros, pero no vamos a ahondar en ello.

La idea esencial del control predictivo gris es controlar el sistema de antemano con una estrategia de control obtenida a partir de predicciones basadas en GM (1,1).

La siguiente imagen ilustra el esquema para un sistema de control de predicción gris:



**Ilustración 15. Sistema de control gris GM(1,1)**

**Fuente: (Deng, 1988)**

En la imagen, el output del bucle 1 (objeto del control) se denota como  $y$  (que es variable), el valor de predicción del comportamiento del sistema se denota como  $y^{(0)}$  que se obtiene del “controlador” 2, la cantidad asignada se denota como  $y^*$ , y  $u$  es la estrategia de control que viene del bucle 3.

El principio de control es el siguiente: un transductor alimenta los datos muestreados a un controlador de predicción 2, que funciona como un ordenador. El valor de predicción  $y^{(0)}$  como resultado calculado del controlador 2 se entrega al bucle 3, que constituye una estrategia de control en comparación con  $y^*$ . La estrategia de control  $u$  se deriva del bucle 3 como un input, activando el bucle 3, y luego almacenándose en el mismo.

En caso de que el comportamiento  $y^{(0)}$  ocurriera en el futuro, la estrategia  $u$  almacenada lidiaría con ello y dirigiría el comportamiento del sistema al estado deseado.

### **VENTAJAS**

- Aplicable a muchos campos y en muchos ámbitos diferentes.
- Puede funcionar con pocos datos.
- Una predicción precisa en tiempo real puede sernos de ayuda, nos permite una gestión eficiente y genera un ahorro económico y de costes.

### **INCONVENIENTES**

- Método del modelo sesgado.
- Tiene baja precisión para un control a largo plazo.
- El modelo puede no tener una alta capacidad predictiva tras varias operaciones acumuladas.
- Gran complejidad algorítmica.

## 2.9 MÉTODO DEL VALOR GANADO – EVM

### ORIGEN Y PRINCIPIOS BÁSICOS

Su origen es el Método de varianzas, donde se estudian las variaciones y se analiza el valor acumulado. Es un método muy similar al que veremos después, y cuya definición exacta nos la da el PMBOK (Project Management Institute (PMI), 2009):

*Una metodología de gestión para integrar alcance, cronograma y recursos, y para medir el rendimiento y el avance del proyecto en forma objetiva. El rendimiento se mide determinando el coste presupuestado del trabajo realizado (es decir, el valor ganado) y comparándolo con el coste real del trabajo realizado (es decir, el coste real). El avance se mide comparando el valor ganado con el valor planificado.*

Utiliza imágenes de estado de proyecto (planificado-actual-final) para determinar variaciones por el trazado de curvas.

Este método permite controlar la ejecución de un proyecto a través de su presupuesto y de su calendario de ejecución.

Compara la cantidad de trabajo ya completada en un momento dado con la estimación realizada antes del comienzo del proyecto.

Se obtiene una medida de cuánto trabajo se ha realizado, cuanto queda para finalizar, la estimación de recursos necesarios para finalizarlo y el costo total del proyecto.

Aplicamos el método del valor ganado para analizar las diferencias de los valores claves del proyecto: tiempos y coste.

#### Proceso:

1. De cada valor estudiaremos las magnitudes planificadas y las efectivamente realizadas, por ejemplo, para el caso del control de costes que nos ocupa, sacaremos la información del presupuesto de proyecto y del presupuesto objetivo (en cuanto a costes previstos (CP)) y de los diferentes albaranes, facturas, etc. de la obra (en cuanto a costes reales (CR)). Lo mismo para los tiempos previstos (TP) y reales (TR).
2. Existen unos índices de primer orden, o bases de cálculo:
  - CPTP (Coste presupuestado del trabajo programado).
  - CPTR (Coste presupuestado del trabajo realizado).
  - CRTR (Coste real del trabajo realizado).
3. A partir de las bases de cálculo anteriores se obtienen los índices de segundo orden, las desviaciones:
  - DC (Desviación en coste).
  - DP (Desviación en Programa).

- PG (Programación Ganada).
  - AP (Adherencia a la Programación).
4. Para ver lo que estamos haciendo con nuestros recursos, recurrimos a los índices de tercer orden. Índices menores a la unidad son desfavorables.
- Índices de Eficiencia
    - a. IRC (índice de rendimiento de Coste).
    - b. IRP (Índice de rendimiento de Programa).
    - c. IRCP (Índice de rendimiento Coste/Programa).
  - Proyecciones
    - d. ETC (Coste estimado para terminar).
    - e. EAC (Coste estimado a la terminación).
    - f. TCPI (Índice de desempeño a la terminación).
    - g. VAC (Variación a la terminación).
5. Con todo lo anterior, se realiza un gráfico coste-tiempo con tres curvas, trazadas desde el inicio del proyecto, y una serie de operaciones matemáticas para sacar cada uno de los índices y valores descritos anteriormente para su posterior análisis.
6. Con ello, debemos analizar y tomar las decisiones de cómo seguir con el desarrollo del proyecto.

### SOPORTE MATEMÁTICO

El método del valor ganado tiene una fuerte carga operacional para el cálculo de cada uno de sus índices y para la generación de las curvas. A continuación tenemos algunas de las fórmulas utilizadas para ello:

$$DC = CPTR - CRTR$$

=0 Coste según lo previsto.  
 <0 Coste por encima de lo previsto.  
 >0 Coste por debajo de lo previsto.

#### Ecuación 8. Desviación en Coste

**Fuente: (Bustos Chocomeli & González, 2013)**

$$DP = CPTR - CPTP$$

=0 Producción según lo previsto.  
 <0 Producción por debajo de lo previsto.  
 >0 Producción por encima de lo previsto.

#### Ecuación 9. Desviación en Programa

**Fuente: (Bustos Chocomeli & González, 2013)**

=1 Coste según lo previsto

**IRC = CPTR/CRTR**

IRC= <1 Coste por encima de lo previsto

>1 Coste por debajo de lo previsto

**Ecuación 10. Índice de Rendimiento de Coste**

**Fuente: (Bustos Chocomeli & González, 2013)**

=1 Producción según lo previsto

**IRP = CPTR/CPTP**

IRP= <1 Producción por debajo de lo previsto

>1 Producción por encima de lo previsto

**Ecuación 11. Índice de Rendimiento de Programa**

**Fuente: (Bustos Chocomeli & González, 2013)**

**PG = n + (CPTR<sub>p</sub> - CPTP<sub>n</sub>/CPTP<sub>n+1</sub> - CPTP<sub>n</sub>)**

**Ecuación 12. Programación Ganada**

**Fuente: (Bustos Chocomeli & González, 2013)**

**IRCP = IRC \* IRP**

**Ecuación 13. Índice de Rendimiento Coste/Programa**

**Fuente: (Bustos Chocomeli & González, 2013)**

**ETC = (Coste Total Previsto - CPTR)/IRP**

**Ecuación 14. Coste Estimado para Terminar**

**Fuente: (Bustos Chocomeli & González, 2013)**

**EAC = CRTR + ETC**

**Ecuación 15. Coste Estimado a la terminación**

**Fuente: (Bustos Chocomeli & González, 2013)**



$$TCPI = (\text{Coste Total Previsto} - \text{CPTR}) / (\text{EAC} - \text{CRTR})$$

Ecuación 16. Índice desempeño a la terminación

Fuente: (Bustos Chocomeli & González, 2013)

$$VAC = \text{Coste Total Previsto} - \text{EAC}$$

Ecuación 17. Variación a la Terminación

Fuente: (Bustos Chocomeli & González, 2013)

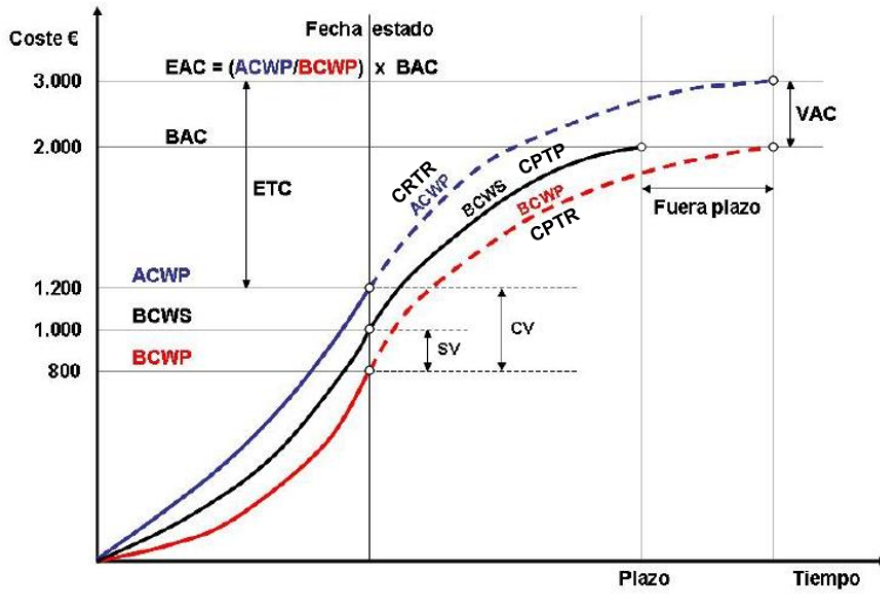


Ilustración 16. Control por el método del Valor Ganado

Fuente: (Bustos Chocomeli & González, 2013)

Como resumen gráfico y rápido de coste y producción tenemos el siguiente:

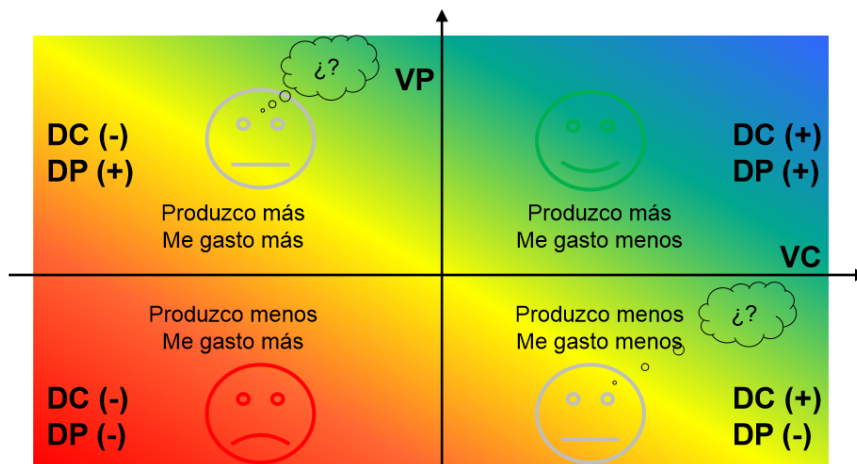


Ilustración 17. Resumen gráfico Método Valor Ganado

Fuente: (Bustos Chocomeli & González, 2013)

## **VENTAJAS**

- Existe una uniformidad en todas las fases, ya que se aplica la misma base para los diferentes elementos del proyecto.
- El nivel de detalle que queramos alcanzar será según lo requerido en cada momento.
- Nos facilita el profundizar en cualquier elemento o fase.
- Nos permite observar el proyecto por fase o de manera global.
- Obliga al director del proyecto a planificar el trabajo para poder hacer el seguimiento.
- Se obtiene el compromiso de las personas involucradas.

## **INCONVENIENTES**

- No identificar todos los costes, que a priori son de poca envergadura, que se deben de incluir en todo proyecto.
- Puede conllevar una gran carga operativa para un proyecto pequeño.
- Su implementación puede ser complicada.
- Problemas en la terminología pueden generar confusión.
- No tiene en cuenta el camino crítico.

## 2.10 COST VALUE RECONCILIATION – CVR

### ORIGEN Y PRINCIPIOS BÁSICOS

El Cost Value Reconciliation es un método que tiene como objetivo la participación de la gestión de la empresa en la ejecución de un proyecto a partir de la comparación de coste y valor, y ver su rentabilidad. Su intención es que los beneficios que se reflejan en la contabilidad de la empresa sean lo más exactos posibles y realistas, y que muestren la realidad económica en cada momento, sin esperar al final de la obra para ver los resultados.

Es un método de monitorización durante estados intermedios que se adhiere y por tanto tiene su origen en las directrices establecidas por el Institute of Chartered Accountants in England & Wales y en las Statement of Standard Accounting Practice No. 9 (SSAP9). Esto sirve para cumplir los requisitos legales necesarios.

Su objetivo es doble, tal y como dicen Paul Stephenson y Matthew Steven Hill (2005):

- Proporcionar los estados contables y cierta información financiera (lo cual es una obligación legal).
- Proporcionar la información que pueda tener influencia directa en la gestión de las operaciones internas de la empresa, a todos los niveles. Además, dicha información debe de estar en un formato que permita la toma de decisiones en función de las cifras mostradas.

El CVR nos da la información sobre la rentabilidad de un proyecto. Debido a que compara directamente el coste y el valor, las partes de un proyecto que se están desviando y está apareciendo un sobrecoste o que proporcionan valores bajos, pueden ser identificados a tiempo para tomar las decisiones adecuadas. Los informes que nos aporta el CVR pueden ser usados también como una referencia para sacar las rentabilidades de futuros proyectos.

Para obtener la diferencia sobre lo presupuestando en contrato es necesario que el coste unitario se calcule dividiendo el coste actual de cada una de las partidas o tareas entre la cantidad completada, entonces el resultado es comparado al precio de la oferta (el cual será el valor unitario certificado). Los precios o índices sacados de esa manera pueden ser fácilmente usados para pronosticar el coste final de un proyecto que tenga muchas tareas similares o repetitivas (por lo cual es probable que los precios seas prácticamente similares).

Es imprescindible adoptar medidas correctoras, cuando sea posible, en el momento en que se detecta alguna desviación o pérdida, ya que esto permitirá en un futuro reducir el coste de trabajos similares, y por tanto, el coste final del proyecto.

Con ayuda de herramientas digitales, su objetivo final es la generación de una serie de informes en el cual se reflejen los costes de la obra en un momento determinado y su influencia sobre las cuentas de la empresa, por lo que se puedan tomar las decisiones apropiadas para corregir desviaciones.

A continuación podemos ver gráficamente el funcionamiento del CVR:

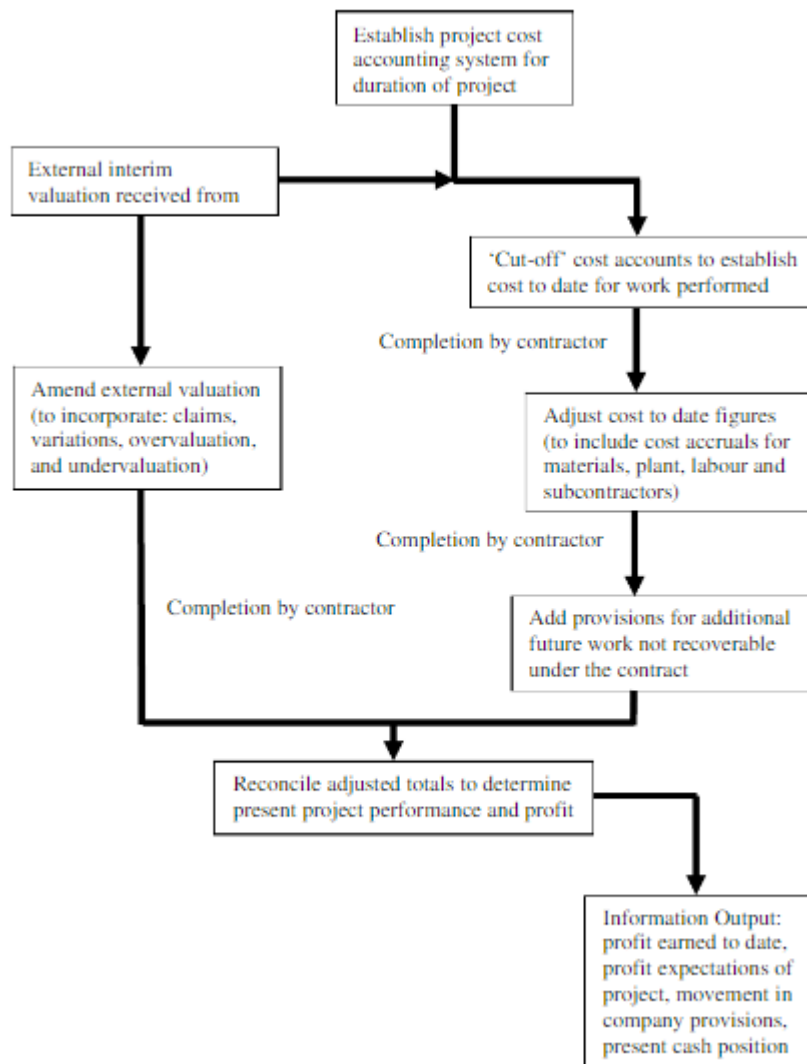


Ilustración 18. Diagrama de flujo del modelo CVR

Fuente: (Stephenson & Hill, 2005)

## SOPORTE MATEMÁTICO

El constructor se financia regularmente a través de las certificaciones provisionales, normalmente mensuales, por lo que se puede establecer una comparativa entre lo ejecutado y lo planificado, y así proporcionar un informe del cumplimiento del contrato y avance del proyecto durante su ejecución.

Este proceso de monitorización se basa en una comparación entre gastos e ingresos y por tanto nos da una rentabilidad provisional.

Con ayuda de software o de una hoja de cálculo se llega a la tabla que tenemos en la página siguiente, en la que vemos que con simples operaciones matemáticas, el contratista tiene un beneficio del 4,47% sobre lo planificado, por lo que no le hace falta realizar ninguna acción correctiva.

Cost/value reconciliation

Shops and Flats, Skinton			
<b>Revenue</b>			£
Interim Certificate No. 12			934,077.00
<i>Adjustments for overclaims:</i>			
In situ concrete work	-2,000.00		
Windows and doors	-5,000.00		
Materials on site	-600.00	-7,600.00	
<i>Adjustment for extras</i>			
Claim not yet agreed	10,000.00		
Variations still to be agreed	1,000.00		
Fluctuations not yet submitted	250.00	11,250.00	3,650.00
			<u>937,727.00</u>
<b>Expenditure</b>			
Site staff	28,800.00		
Site operatives	48,547.00		
Labour-only sub-contractors	98,542.00		
Payments to sub-contractors	470,590.00		
Materials as invoiced	203,654.00		
Materials delivered – not invoiced	500.00		
Site expenses	6,000.00	856,633.00	
Head office costs: 5% of expenditure		42,832.00	899,465.00
			<u>38,262.00</u>
Difference			<u>38,262.00</u>
Difference as % of expenditure			4.47%

**Ilustración 19. Ejemplo Cost/Value Reconciliation**

Fuente: (Ramus et al., 2006)

**VENTAJAS**

- La capacidad de evaluar el coste contra el valor en tiempo real, permite detectar a tiempo variaciones y problemas de productividad.
- En nivel de confianza de los datos de efectivo en cada momento, permite planificar mejor los gastos para el desarrollo de proyectos futuros.
- Exactitud de la información extraída durante el control.
- Muestra Beneficio/Pérdida en tiempo real del periodo contable actual.
- Monitoriza y ajusta tasas estimadas basadas en los informes de beneficios/perdidas.

**INCONVENIENTES**

- Baja implementación en empresas pequeñas por el esfuerzo que supone.
- Necesidad de recursos y conocimientos técnicos para la presentación e interpretación de los resultados.
- No tiene mucha aplicación para proyectos con tareas no repetitivas.
- Algunos resultados pueden ser subjetivos.

## 2.11 MÉTODO IBSM

### ORIGEN Y PRINCIPIOS BÁSICOS

IBSM son las siglas de las iniciales en inglés de seguimiento integrado del presupuesto y calendario. (Integrated Budget and Schedule Monitoring). Por tanto, incluye también el seguimiento no únicamente de los costes o del presupuesto, sino también de la programación del proyecto.

Es un método creado por Burstein & Stasiowski (2002), cuyo proceso se divide en seis fases:

1. Cálculo del avance de cada tarea.

Este primer paso consiste en preparar un cálculo realista del avance de cada tarea en términos del porcentaje realizado. El avance se define como el trabajo realizado respecto del trabajo total y es independiente de la cantidad presupuestada para la tarea. Para reducir errores, es recomendable subdividir las tareas definiendo objetivos parciales y usar una lista preliminar de documentos para medir la evolución.

Un enfoque distinto, para mejorar la precisión de las previsiones en el avance, es calcular el esfuerzo necesario para finalizar una tarea particular. En este caso el grado de realización a que ha llegado la tarea se puede calcular de la siguiente manera:

$$\text{AVANCE} = 1 - (\text{TRABAJO QUE QUEDA POR HACER} / \text{PRESUPUESTO ORIGINAL})$$

2. Cálculo del avance del total del proyecto.

Para ello pueden ponderarse los avances, multiplicándolos por cada uno de los presupuestos correspondientes a las tareas.

Los productos de la multiplicación se suman y divididos por el coste inicial previsto del proyecto da lugar a obtener el avance aproximado del conjunto del proyecto hasta el momento.

3. Cálculo del gasto del proyecto.

Calcular cuál es el dinero gastado, hasta el momento, en dicho proyecto: costes directos, costes indirectos, amortizaciones...

4. Determinar la situación general del programa y del presupuesto.

Utilizando curva de gastos previstos del proyecto y, en el mismo gráfico, el desarrollo (avance) del proyecto y del gasto real.

5. Determinar la situación de cada tarea con respecto al programa.

Vemos si llevamos retraso respecto a los tiempos previstos para cada tarea.

6. Determinar la situación de cada tarea con respecto al presupuesto.

“Hacer el seguimiento de la situación de cada tarea con respecto al presupuesto no están simple como controlar la situación con respecto al calendario. Para que se pueda hacer el seguimiento de cada tarea se debe llevar una contabilidad independiente de los costes de cada una de ellas. Esto supone más trabajo y papeleo y el seguimiento muy cerca del equipo del proyecto para asegurarse de que todo el mundo está contabilizando su tiempo y los gastos que genera, asignándolos al código de la tarea adecuada. El director del proyecto debe determinar en cada caso si la información adicional que proporciona este control compensa el esfuerzo que supone su obtención”. (Burstein & Stasiowski, 2002)

## SOPORTE MATEMÁTICO

Se trata de realizar sencillas operaciones matemáticas siguiendo la metodología anterior o como en la tabla que vemos a continuación que es similar.

Se trata de simples operaciones básicas: sumas, restas, multiplicaciones y divisiones.

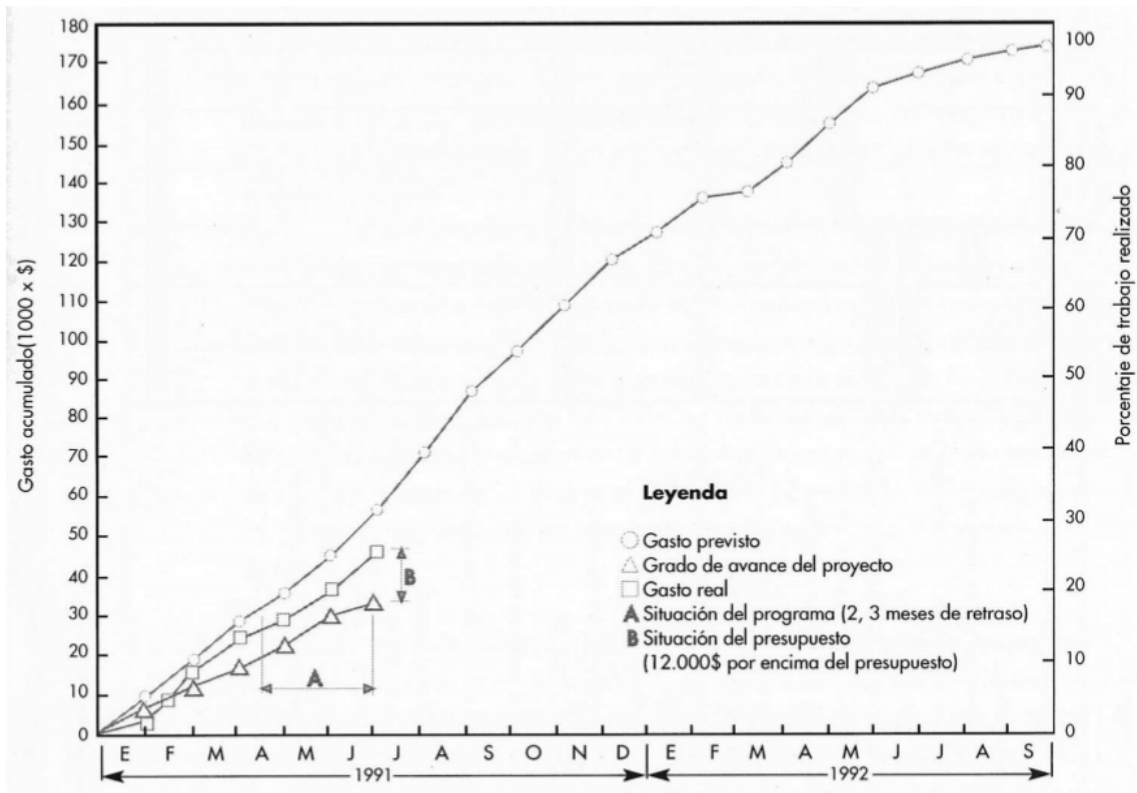
IDENTIFICACIÓN DE LA SITUACIÓN DE CADA TAREA RESPECTO AL PRESUPUESTO					
Descripción de la tarea	Presupuesto de la tarea (\$/tarea)	Fecha de los datos: 1/1/92		Gasto real (\$)	Situación del presupuesto (\$)
		% Completado	Avance calculado Avance equivalente		
A. Recopilar los datos preliminares	13.140	× 65	= 8.541	11.487	- 2.946
B. Realizar estudios					
1. Seleccionar los lugares objeto de estudio	2.920	× 100	= 2.920	4.072	- 1.152
2. Preparar documentos con la información necesaria	2.960	× 100	= 2.960	2.526	+ 434
3. Desarrollar el plan de gestión de datos	7.650	× 100	= 7.650	6.511	+ 1.139
4. Visitar los lugares objeto de estudio	19.700	× 20	= 3.940	7.086	- 3.146
5. Analizar las muestras de residuos	17.500	× 0	= 0	0	—
C. Calcular los costes de eliminación de los residuos en los casos estudiados					
1. Configurar modelos informáticos de coste	8.060	× 10	= 806	4.256	- 3.450
2. Llevar a cabo diseños preliminares	10.860	× 0	= 0	0	—
3. Calcular los costes	8.820	× 0	= 0	0	—
D. Evaluar el potencial de tratamiento, recuperación, reciclaje	4.420	× 30	= 1.326	2.625	- 1.299
E. Valorar los impactos en los costes	5.260	× 0	= 0	0	—
F. Evaluar los modelos de impacto en los costes	6.240	× 0	= 0	0	—
G. Informes sobre el proyecto					
1. Informes temáticos					
a. Datos preliminares	8.940	× 10	= 894	721	+ 173
b. Visitas a los lugares objeto de estudio	8.940	× 0	= 0	0	—
c. Recogida y análisis de muestras de residuos	8.940	× 0	= 0	0	—
2. Borrador del informe	18.100	× 0	= 0	0	—
3. Informe definitivo	7.940	× 0	= 0	0	—
H. Gestión del proyecto	13.400	× 25	= 3.350	5.169	- 1.819
Totales	173.790\$		32.387	44.453\$	- 12.066\$

- Por encima del presupuesto  
+ Por debajo del presupuesto

5.6. La situación del presupuesto se puede concretar para cada tarea sólo si se controlan los costes reales de cada una. El director del proyecto debe decidir si el valor de esta información merece el esfuerzo de llevar contabilizaciones separadas para cada una de las tareas.

### Ilustración 20. Tarea respecto presupuesto. Método IBSM

Fuente: (Burstein & Stasiowski, 2002)



**Ilustración 21. Resultado Método IBSM**

**Fuente: (Burstein & Stasiowski, 2002)**

**VENTAJAS**

- En un solo golpe de vista podemos ver claramente si existe algún problema o retraso en la ejecución del proyecto.
- Puede combinar costes y tiempos en la misma gráfica.

**INCONVENIENTES**

- Hay que tener ciertos conocimientos y experiencia para poder interpretar la gráfica y saber los motivos de avances y retrasos.
- Un error muy común es comparar los gastos previstos con los gastos realizados.



## **2.12 LINEAS DE BALANCE – LOB**

### **ORIGEN Y PRINCIPIOS BÁSICOS**

Esta herramienta de planificación y control de proyectos tiene su origen, según algunos especialistas, en los años treinta, durante la planificación de la construcción del Empire State Building de New York. Otros afirman y coinciden en que dicho método fue desarrollado por un grupo de trabajo, a cuya cabeza estaba George E. Fouch durante la década de 1940, para monitorear la producción en la Goodyear Tire & Rubber Company durante la Segunda Guerra Mundial. También fue utilizado con éxito durante ese periodo para la movilización de la Marina de los Estados Unidos. Más tardíamente se ha ido aplicando en la industria de la construcción, teniendo las primeras referencias en 1968 cuando Lumsden lo aplica a la programación de viviendas. Fue O`Brian quien en 1975 y 1984 concluyó que era el método idóneo para la construcción de edificios repetitivos. Después de eso han sido numerosos los estudios basados en proyectos reales de construcción hasta nuestros días.

Surge como respuesta a las carencias de los métodos tradicionales de programación como el Método de la ruta crítica, PERT o GANTT entre otros, a la planificación y control de elementos repetitivos.

El método de las Líneas de Balance nos permite ver en una única gráfica de líneas, el trabajo que se realiza en un proyecto de construcción, en vez de desglosarlo por actividades y barras como pasa en los métodos tradicionales. Esto nos permite un mejor control visual, más intuitivo.

La diferencia radica en que en LOB se pueden agrupar varias actividades similares o repetitivas en una misma línea y por tanto nos permite representar un gran número de actividades comunes en un pequeño documento muy visual.

Mientras que en un diagrama de barras tradicional se muestra la duración de una actividad en concreto, en la gráfica LOB se muestra más claramente el ritmo y desviaciones producidas en cada una de las actividades repetitivas y como va a afectar en el resto de la obra. Muestra una relación de resultados entre los varios grupos de actividades.

En el eje X se suele representar el tiempo, mientras que en el eje Y se representa el número de unidades o viviendas, pero también nos permite en la misma dimensión representar unidades de trabajo como pueden ser metros lineales, cuadrados o cúbicos. Esto a su vez nos permite visualizar el avance real del proyecto y por tanto controlarlo. El ritmo planeado puede contrastarse con el real.

El procedimiento a seguir será el siguiente:

1. Listar y ordenar las diferentes actividades a realizar.
2. Calcular las horas necesarias para su ejecución.
3. Tener en cuenta los diferentes buffers para evitar posibles contingencias.
4. Calcular el rendimiento de cada una de las actividades.

5. Elaborar una tabla con los cálculos realizados.
6. Dibujar la gráfica con los cálculos.
7. Controlar el avance durante la ejecución de la obra y tener en cuenta las diferentes posibilidades que pudieran ser más equilibradas o balanceadas. Para ello se puede:
  - o Variar rendimientos subcontratando a más personal.
  - o Simultanear actividades.

### SOPORTE MATEMÁTICO

Tomando en consideración el procedimiento anterior, veamos un ejemplo de cómo se llega a elaborar una línea de balance.

En la tabla que hay a continuación vemos los criterios y fórmulas a utilizar:

Notación a utilizar:

Act	= Actividad a realizar.
H	= Horas-hombre necesarias para ejecutar cada actividad.
C	= Tamaño o número de personas necesarias para integrar una cuadrilla para cada actividad en cuestión.
G	= Requerimiento teórico de recursos.
g	= Asignación real de recursos.
R	= Rendimiento teórico.
r	= Rendimiento real.
D	= Duración de la actividad.
T	= Tiempo transcurrido entre el inicio de la primera sección al inicio de la última sección de una actividad.
b	= Buffer, tiempo de espera entre actividades para que éstas no se interfieran.

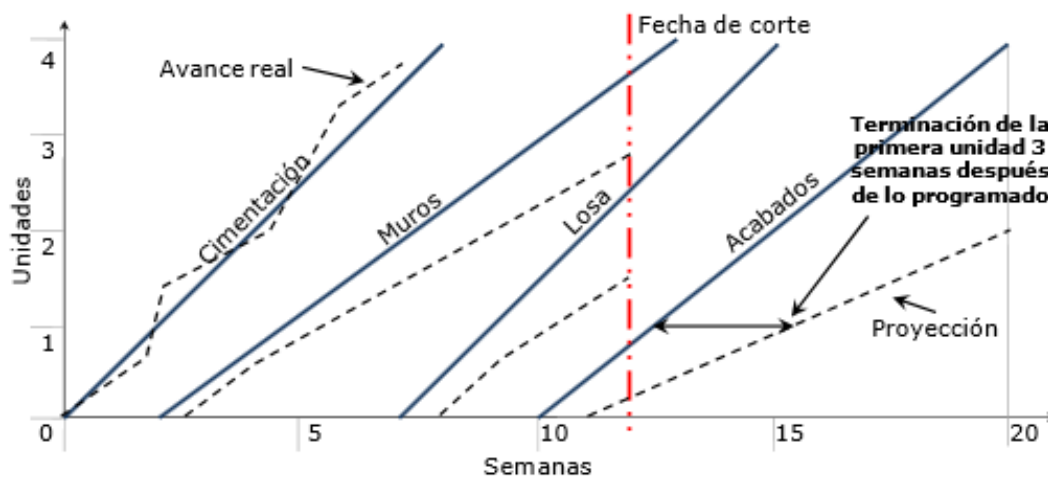
Criterios y fórmulas a utilizar:

Act	La secuencia de actividades, o red, se determina de acuerdo a un orden lógico de interacción entre las mismas.
H	Resultante de la experiencia personal, tabuladores, libros, manuales, etc.
C	Resultante de la experiencia personal, tabuladores, libros, manuales, etc.
G	$= (R \times H) / (h \times d)$ donde: h = Número de horas que se trabaja en un día. d = número de días que se trabaja en una semana.
r	$= (g \times R) / G$ El valor de g deberá ser redondeado en función del valor de G; y siempre deberá ser múltiplo de G.
D	$= H / (h \times C)$ El valor de D deberá ser redondeado al número inmediato superior o inferior.
T	$= (n - 1) \times d / r$ donde: n = número de unidades por construir en el proyecto. El valor de T deberá ser redondeado al número inmediato superior o inferior.

Ilustración 22. Notación, criterios y fórmulas en LOB

Fuente: (Loría Arcila)

Con la aplicación de las fórmulas anteriores para cada una de las partidas de la obra, llegamos al siguiente gráfico:



**Ilustración 23. Programación de obras mediante líneas de balance**

Fuente: (Loría Arcila)

#### VENTAJAS

- Método muy visual y cuya gráfica o representación ocupa poco espacio.
- Es posible reducir la duración sin aumentar el riesgo, ya que las relaciones se ven más claramente que con otros sistemas.
- Mejor visualización de la viabilidad de las correcciones y de los puntos de control a establecer.
- Mejor gestión de los recursos. Habrá más tiempo para dedicarse a otras partes del proyecto.

#### INCONVENIENTES

- Es necesario algún software de apoyo para poder aplicarlo.
- Hay pocos ejemplos de aplicación en nuestro país.
- Reticencia de los actuales agentes a su utilización por ser un método novedoso y ya estar acostumbrados a los tradicionales pese a no ser tan intuitivos.

## **2.13 TEORIA DE LAS RESTRICCIONES – TOC**

### **ORIGEN Y PRINCIPIOS BÁSICOS**

Es una metodología científica que nace de las teorías de Eliyahu M. Goldratt y su libro “La Meta” a principios de los años 80, y que permite enfocar las soluciones a los problemas críticos de las organizaciones (sin importar su tamaño ni giro), para que se acerquen a su meta mediante un proceso de mejora continua.

Se basa en que toda empresa se crea para lograr un fin. Si la meta es ganar dinero, debemos de ser conscientes que los logros obtenidos han estado determinados por la o las restricciones que actúan sobre la organización: físicas (producción), de mercado (demanda) o políticas.

Se ha aplicado desde el 2000 a empresas tan diferentes como:

- General motors
- Fuerza aérea Israelí
- General electric
- CIA
- Ford
- Procter & Gamble
- Intel
- Marina de guerra de Estados Unidos

Se ha aplicado a funciones tales como:

- Marketing
- Producción
- Ventas
- Finanzas
- Recursos Humanos
- Proyectos
- Estrategias y tácticas
- Distribución

#### **Metodología:**

1. Identificar cuáles son los cuellos de botella del sistema.
2. Decidir cómo explotar dichas restricciones.
3. Subordinar todo a la decisión tomada anterior.
4. Superar la restricción del sistema.
5. Si en algún paso anterior se ha roto una restricción, volver al primer punto pero no permitir la inercia (Mejora continua).

## **SOPORTE METODOLÓGICO:**

### **1. Para administrar restricciones físicas o de mercado:**

#### **a. Método Drum Buffer Rope (DBR) (operaciones):**

Método consistente en sincronizar los procesos a las restricciones (generalmente de tiempo) mientras se minimizan los acopios y el proceso productivo.

#### **b. Método Cadena Crítica (administración de proyectos):**

Búsqueda de los caminos críticos de los procesos y aplicación de otras técnicas genéricas de solución de problemas.

#### **c. Metodología Pull -Just in time (JIT) (distribución):**

Método basado en la producción bajo pedido que se podría resumir en producir los elementos que se necesitan, en las cantidades que se necesitan y en el momento en que se necesitan.

#### **d. Metodología de costeo totalmente variable (finanzas):**

Entre otros contempla variaciones frente a la contabilidad tradicional porque contempla los acopios o inventarios como un pasivo y no un activo. De la misma manera la metodología propone no la búsqueda de la minimización de los gastos, sino del incremento de los rendimientos.

### **2. Para administrar restricciones políticas o paradigmáticas**

#### **a. Método de los procesos de pensamiento**

##### **i. Árbol de realidad actual:**

Método que documenta el estado actual

##### **ii. Evaporación de la nube medular:**

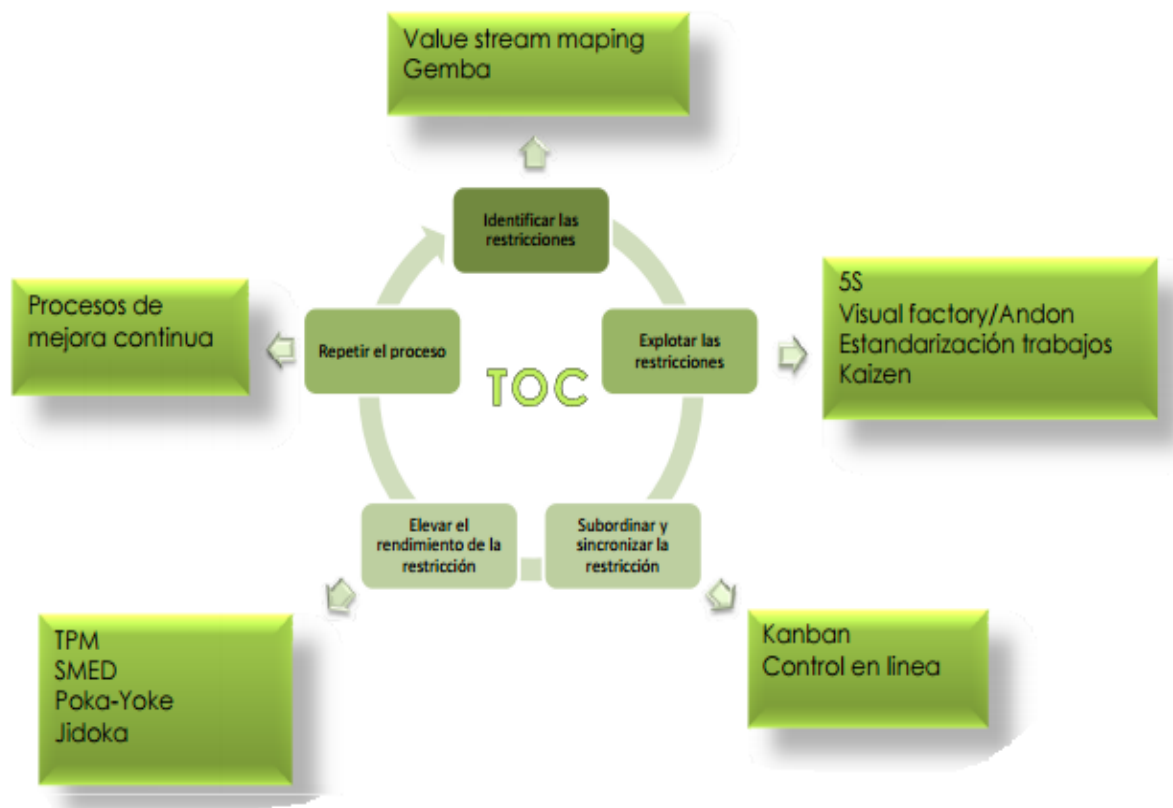
Método que evalúa el potencial de mejora

##### **iii. Árbol de realidad futura:**

Método que documenta el estado futuro

##### **iv. Árbol de estrategia y tácticas:**

Método que proporciona el plan de acción para la mejora.



**Ilustración 24. Metodología en 5 pasos y técnicas de solución**

**Fuente: (Fernández Plazaola & Pons Morera, 2013)**

#### **VENTAJAS**

- El proceso de implementación es fácil y rápido.
- No precisa de grandes cambios físicos ni organizacionales.
- Identifica y trabaja sobre los cuellos de botella de todo el proceso productivo.
- Reduce los inventarios optimizando su gestión y por tanto, los gastos operativos.
- Su software tiene gran velocidad de operación.

#### **INCONVENIENTES**

- Precisa de conocimientos básicos de programación finita de capacidad.
- Concibe todas las restricciones como internas cuando pueden ser también externas.
- El sistema no es del todo transparente, ya que emplea un algoritmo no publicado para programar la planta de producción.
- La alta gerencia debe de ser capaz de desechar hábitos arraigados y empíricos en la empresa.

## 2.14 TARGET COSTING – TC

### ORIGEN Y PRINCIPIOS BÁSICOS

Target Costing también denominado coste estándar o coste objetivo es metodología originaria de las empresas automovilistas de Japón que la iniciaron en los años 80.

La primera aplicación práctica en el sector de la construcción se llevó a cabo en el 2002 con un proyecto de casas de campo para la universidad de St. Olaf's.

No se trata únicamente de una herramienta de gestión de costes sino también un establecimiento táctico para el desarrollo de nuevos productos.

El objetivo de la metodología es reducción de costos asegurando plazos, calidad, fiabilidad y las cualidades que aporten valor al cliente.

El TC busca asegurar que el coste resultante de una composición de un producto de características requeridas no va más allá de un cierto costo objetivo o costo permitido, que viene determinado por el precio máximo de venta que el mercado está dispuesto a pagar asegurando los beneficios estipulados por la compañía .

Como el resto de metodologías de análisis y control de costes, el TC se aplica junto con otra serie de técnicas en conjunto como el Target Value Design (TVD) y la ingeniería de valor (VE).

Importante:

- Precio = Coste de producción + Beneficios
- TC = Precio de mercado – Beneficios
- Valor = funcionalidad / Coste

Los 6 principios del TC (según el Consorcio internacional para la gestión avanzada CAM-I):

2. Coste dirigido al precio.
3. Objetivo el cliente.
4. Objetivo el diseño.
5. Equipos interactivos.
6. Cadena de valor.
7. Reducción del coste en ciclo de vida.

## SOPORTE METODOLÓGICO

Las herramientas para conseguir estos principios, entre otras, tal y como se describe en el artículo Target and Kaizen Costing (Azimi Sani & Allahverdizadeh, 2012), son:

- Ingeniería de valor VE:

Metodología que se basa en el análisis de todos y cada uno de los procesos sin creer en dogmas de proyecto ni constructivos y analizar el valor de cada uno de los procesos. Introduce la filosofía del valor.

- Sistemas de costes que siguen el flujo de costes:

En los sistemas de proceso de costes típicos, los costes de conversión (mano de obra y gastos generales) se acumulan uniformemente en todo el proceso, mientras que los costes de materiales se añaden en puntos discretos de terminación del proceso.

- Métodos de asignación de gastos generales:

Se requiere de la asignación de gastos generales siempre que la fabricación de un producto o la prestación de un servicio impliquen costes que no puedan ser directamente asignados a los objetivos de coste.

- Sistemas de gestión de costes intra-organización:

Sistemas capaces de detectar componentes discordantes o elevados del objetivo de coste. De tal manera que las presiones sobre el coste se puedan transformar o diluir entre el ciclo de producción. Estos sistemas son costosos y complicados de implantar y aplicar y requieren de muchos recursos especializados que a menudo descompensan la producción

- Benchmarking / Value Stream Mapping (VSM)



Ilustración 25. Situación actual vs. TC/TVD

Fuente: (Fernández Plazaola & Pons Morera, 2013)





## **VENTAJAS**

- El 15% de empresas constructoras japonesas ya tiene implementada esta metodología.
- Un 36% más de las consultadas querrían adoptarla.
- La media de implementación de esta metodología es de 7 años frente a los 17 años de media de implementación de otras tecnologías.
- Se han realizado investigaciones de implementación y análisis comparativos de los resultados en construcciones de Estados Unidos y Brasil con resultados satisfactorios:
  - a. En Estados Unidos casa de campo en universidad -10 meses de plazo y -54% de coste
  - b. En Brasil construcción de casas sociales -13% de coste

## **INCONVENIENTES**

- La metodología precisa mejoras en los siguientes aspectos:
  - o Obtención del precio de mercado
  - o Sistemas de gestión de costes intra-organización
  - o Integrar en el proceso de TC estrategias de coste del ciclo de vida
  - o Gestión de contratación con procedimientos TC o Integrar herramientas TC con Kaizen (mejora continua)
- En Reino Unido se alcanzo el TC pero no hubieron mejoras sustanciales.

## 2.15 KAIZEN COSTING – KC

### ORIGEN Y PRINCIPIOS BÁSICOS

Kaizen significa mejora continua, proviene del japonés y es una filosofía proveniente de los sistemas de producción de la empresa multinacional Toyota.

*“¡Hoy mejor que ayer, mañana mejor que hoy!”* es la base de la milenaria filosofía Kaizen, y su significado es que siempre es posible hacer mejor las cosas. En la cultura japonesa está implantado el concepto de que ningún día debe pasar sin una cierta mejora.

El Kaizen costing, por tanto, es un método para sacar provecho de herramientas de gestión y prolongar el uso de las mismas a lo largo del ciclo de vida de un producto. Se suele usar como método complementario junto con el Target Costing, el cual finaliza cuando empieza la producción, por lo que en empresas cuyo ciclo de vida del producto es corto o medio, se pone más énfasis en él y no en el Kaizen, que sí que se desarrolla en empresas cuyo ciclo de vida del proyecto es mayor y puede dedicarse más tiempo a las operaciones realizadas.

Su enfoque de mejora continua es tener varias generaciones de productos en diferentes etapas de diseño y desarrollo, e intentar que todos los miembros de la empresa o cadena de producción reconsideren continuamente cómo se lleva a cabo la tarea y pensar si hay una mejor manera de hacerlo.

No estamos hablando de una rutina de control de costes sin más, si no de una nueva filosofía de colaboración entre todos los estamentos de la empresa para lograr fabricar un mejor producto, ofrecer un servicio óptimo y convertirlo en una ventaja competitiva y un método de aprendizaje. Se trata de desarrollar el pensamiento y la creatividad a través de equipos de trabajo para buscar mejores salidas productivas.

Hay precedentes en los que mediante curvas de experiencia o aprendizaje en las cuales se demuestra que los costes podrían reducirse mediante la realización de actividades repetitivas al ir adquiriendo cada vez más experiencia.

Tal y como podemos leer en el libro Contabilidad de costes y de gestión. Un enfoque práctico, de Begoña Prieto et al. (2005), en dicha fase de producción hemos de lograr no únicamente el mantenimiento de los costes que habíamos establecido previamente, sino que, además, hemos de intentar reducirlos. Es decir, aunque el coste objetivo constituya la base sobre la que se asienta el sistema de costes estándar antes de la fase de producción, hemos de extender las posibilidades de mejora a dicha fase a través del Kaizen costing.

Este método se basa en la consecución de mejoras incrementales en la puesta en marcha y funcionamiento de instalaciones y equipos de producción, persiguiendo niveles satisfactorios de rendimiento y disminución del despilfarro, para lo que reconoce la necesidad de contar con trabajadores motivados y dispuestos a identificar e implantar cambios diarios que incidan en las variables señaladas. El foco de atención del método es el proceso de producción y no el producto en sí.

Sus objetivos son los siguientes:

- Mejorar la calidad.
- Mejorar la productividad.
- Mejorar la seguridad.
- Hacer el trabajo más fácil.
- Reducir costes y tiempo.
- Eliminar la monotonía.
- Eliminar las molestias que genera el trabajo.

Para lograr lo anterior, la filosofía Kaizen se realiza en cuatro estadios:

1. Verificar los objetivos (Coste Objetivo, Target Costing)
2. Identificación y diagnóstico del origen de los problemas.
3. Solución del origen causante de los problemas.
4. Mantenimiento de los resultados.

Una vez alcanzados estos cuatro objetivos, y la satisfacción del cliente se ha conseguido, se deben buscar nuevos objetivos.

### **SOPORTE METODOLÓGICO**

Distinguimos dos tipos de metodología Kaizen:

- Kaizen Costing específico:

Se implanta para corregir los excesos de costes en los que se incurre en la fase de fabricación, causados por cuestiones de diseño. Solo se aplica a productos que se consideran estratégicos.

- Kaizen Costing general:

No cuestiona el diseño del producto, puesto que la unidad de análisis no es éste sino el proceso en sí, centrándose en el establecimiento de objetivos de reducción de costes en cada uno de los procesos, para lo que es esencial motivar a los trabajadores para la detección de vías que ayuden a esta finalidad.

Por tanto, se establece una serie de procedimientos por los cuales se plasman análisis de gestión en momentos y procesos cruciales del ciclo de vida de cualquier producto.

Los procedimientos establecidos por el sistema han de ser extendidos a la red de proveedores, de hecho hay que implementar el sistema de precios de venta de los suministradores dentro de las bases de coste Kaizen de nuestro sistema de control.

El método se basa en la búsqueda de la pérdida en cualquier parte del proceso.

## **VENTAJAS**

- Reducción de inventarios, productos en proceso y terminados.
- Disminución de la cantidad de incidentes y accidente laborales.
- Reducción de fallos y errores en equipos, maquinaria y herramientas.
- Reducción de tiempos en la preparación y arranque de maquinas.
- Aumento en los niveles de satisfacción de los clientes y consumidores.
- Creación de equipos de trabajo que pueden fomentar las buenas relaciones.

## **INCONVENIENTES**

- Implica un gran cambio de mentalidad y forma de trabajo para la empresa y trabajadores. Reticencia a dicho cambio.
- El entusiasmo inicial en algunos casos desaparece demasiado pronto, por lo que las empresas pierden la confianza al no obtener resultados pronto.
- Dificultad en que los agentes implicados piensen en el largo plazo.
- Convencer a la gente de que la calidad no es costosa, pero que en realidad ahorra tiempo, dinero y esfuerzo de todo el equipo.
- Mucho trabajo de gestión.

## 2.16 TARGET VALUE DESIGN – TVD

### ORIGEN Y PRINCIPIOS BÁSICOS

Es una práctica de gestión que busca convertir las restricciones y limitaciones de un proyecto en impulsoras y conductoras del diseño para su ajuste en valor. Está basado en la estrategia comercial del Target Costing. Se fija un precio de referencia de mercado y se trata de disminuir ese coste a través de la colaboración de todos los agentes.

Según el Lean Construction Institute, se define como:

*“Una práctica de gestión disciplinada para ser utilizado durante todo el proyecto para asegurar que la instalación cumple con las necesidades y valores operativos de los usuarios , se entrega dentro del presupuesto admisible, y promueve la innovación en todo el proceso para aumentar el valor y eliminar los residuos.”*

El marco de forma de entender el trabajo y las relaciones habituales se modifica. En la actualidad, muchos proyectos se caracterizan por tener objetivos inalcanzables, que no se pueden construir por falta de definición o reflexión, y que además se entregan fuera de tiempo y con un sobrecoste importante.

La metodología modifica de una forma significativa el paradigma actual en la realización de presupuestos en la fase de redacción del proyecto. Tal y como aseguran Hal Macomber y John Babeiro (2015), se debe de dar una vuelta más en ese proceso y:

- En vez de realizar una estimación de costes basada en un diseño detallado, el diseño se basa en un presupuesto detallado.
- En lugar de evaluar la constructibilidad de un diseño, se diseña algo que se pueda construir.
- En vez de diseñar de manera autónoma y luego hacer grupos de revisión de trabajo y tomar decisiones, trabajar conjuntamente para definir los temas y tomar decisiones antes.
- En consonancia con lo anterior, en vez de trabajar solos en oficinas independientes, trabajar en parejas o grupos cara a cara.
- En lugar de elecciones restringidas o parciales sobre el diseño, aportar soluciones globales sobre el propio proceso de diseño.

Se incentiva a los agentes desde el contrato para disminuir el precio de referencia, tomado de las bases de datos de las propias empresas o de instituciones dedicadas a ello.

El diseño del proyecto y su ejecución se estudian simultáneamente. Su presupuesto se toma como referencia para su diseño y ambos se modifican a lo largo de la redacción de este. Los procesos de ejecución se analizan, se estudian y se optimizan hasta conseguir alcanzar el coste objetivo eliminando todo aquel proceso que no añade valor al cliente y/o usuario final de una infraestructura.

En todo este proceso los agentes juegan un papel imprescindible con un peso específico muy importante en el resultado final.

### **SOPORTE METODOLÓGICO**

Las conocidas como nueve prácticas fundacionales del TVD, las cuales han de ser realizadas en su conjunto como un todo, y que sientan las bases del método y le dan sentido son las siguientes:

1. Colaborar intensamente con el cliente para establecer los objetivos de valor. Esto permite saber las preocupaciones del cliente durante todo el proceso y poder solucionarlas y refinarlas, o simplemente establecer unos nuevos objetivos.
2. Dirigir el esfuerzo de diseño para aprender e innovar. El equipo de trabajo aprenderá y producirá algo realmente sorprendente.
3. Diseñar con un presupuesto detallado. Usar algún mecanismo para evaluar y controlar el diseño para poder compararlo en todo momento con el presupuesto inicial y los objetivos del cliente. Revisar los objetivos a mitad del proceso y ajustarse al presupuesto.
4. Importancia de la planificación del proyecto para refinar prácticas de coordinación. Esto evitará retrasos y volver a hacer algunos trabajos.
5. Diseño conjunto del producto y del proceso. Contacto con los diferentes agentes y con el cliente en todo momento.
6. Diseñar y detallar en la misma secuencia que el cliente va a utilizarlo. Pensar en cómo va a ser utilizado por él. Esto reduce posibles iteraciones posteriores negativas.
7. Trabajo en grupos pequeños y diversificados. Aprender del resto. Dinámicas grupales de como máximo 8 personas es propicio para el aprendizaje y la innovación. La comunicación y coordinación son más fáciles.
8. Trabajar en una “Big Room”, en la que poder hacer sesiones improvisadas entre los miembros del grupo. Son necesarias para el proceso de diseño.
9. Realizar retrospectivas durante todo el proceso. Acabar todo ciclo de diseño con una conversación que lleve a la reflexión y el aprendizaje. Cuantas más, mejor. Realice un listado de pros y contras al final de cada sesión y fomente la inquietud entre los miembros del equipo.

El proceso de contratación debe implementar un sistema de valoración de los subcontratistas no prioritariamente por el valor del costo total de su trabajo, sino dependiendo de su capacidad para colaborar con la empresa líder en el proyecto y a largo plazo.

La inversión que se realiza en aprendizaje mutuo debe ser rentabilizada, estableciéndose vínculos como grupo de trabajo compacto basándose en relaciones de confianza y de transparencia.

## **VENTAJAS**

- Reduce la probabilidad de sobrecostos.
- Reduce el porcentaje de contingencias referentes al presupuesto del proyecto.
- Es aplicable a proyectos de todos los tamaños.

## **INCONVENIENTES**

- La complejidad y la incertidumbre crecientes con el tamaño del proyecto no se pueden tener en cuenta.
- Al ser un método novedoso y de cierto interés, las empresas pueden destinar a sus mejores hombres a su desarrollo, bajando el rendimiento de su compañía.



## **2.17 BENCHMARKING**

### **ORIGEN Y PRINCIPIOS BÁSICOS**

Es un anglicismo que significa comparativo, punto de referencia o medida de calidad

Es una técnica utilizada para medir el rendimiento de un proceso, sistema o componente del mismo que consiste en establecer sistemas de comparación entre dos elementos o productos. Es comúnmente utilizado en el ámbito informático y médico.

Se trata de un análisis comparativo entre empresas, es un estudio detallado de las características actuales de las mismas, y en la mayoría de los casos las empresas se ayudan de esas comparaciones para hacer mejoras dentro de ellas.

Para que sea útil, debe ser un proceso continuo realizado con competidores de primer nivel y reconocidos como líderes del sector.

La importancia del método no se encuentra en la detallada mecánica de la comparación o las consecuencias empresariales del mismo, sino en el impacto que pueden tener esas comparaciones sobre los comportamientos.

#### **Objetivos:**

- Comprobar si las especificaciones del producto, proyecto o unidad de obra están dentro del orden propio.
- Maximizar el rendimiento.
- Minimizar los costes.
- Obtener la mejor relación coste / beneficio.

### **SOPORTE METODOLÓGICO**

#### **Tipos de Benchmarking**

- Benchmarking interno

La mayor parte de las medianas y grandes empresas disponen de múltiples divisiones, departamentos o sedes con funciones similares en diferentes unidades de operación. Este tipo consiste en comparar estas operaciones internas similares. Ventajas, la disponibilidad abierta de información. Se puede utilizar a modo de ensayo para evaluar el alcance de un estudio externo.

- Benchmarking competitivo

Análisis de procesos junto con los competidores directos de productos o concursos. Estos cumplirían o deberían cumplir todas las pruebas al ser comparadas con tal de estar ambas empresas en igualdad de condiciones. El principal inconveniente es que puede ser realmente difícil obtener información sobre las operaciones de los competidores. En ciertos casos puede ser imposible obtener información puesto que está patentada o sea la base de la ventaja

comparativa de una empresa frente a sus rivales. Sin embargo el método se basa en la confianza mutua y el convencimiento mutuo de los posibles beneficios mutuos. Casos de UTE's.

- Benchmarking funcional

Consiste no solo en concentrarse únicamente en los competidores directos de productos. Existe la posibilidad de identificar competidores funcionales o líderes de la industria aun encontrándose en sectores disímiles. Esta metodología fomenta el interés por la investigación y los datos compartidos debido a que no existe el problema de la confidencialidad sino que más bien existe la curiosidad por conocer nuevos métodos o aplicaciones.

- Benchmarking genérico

Existen ciertos procesos que son idénticos entre empresas a pesar de pertenecer a sectores o industrias disímiles tales como procesos administrativos o de aprovisionamiento. En este caso el benchmarking puede permitir descubrir prácticas y métodos que no se implementan en la industria propia del investigador. Este tipo requiere una amplia conceptualización de los procesos. Se trata de la metodología más difícil para obtener aceptación y uso, pero es el que tiene mayor rendimiento a largo plazo.

#### **VENTAJAS**

- Sencillo.
- Rápido.
- Económico.
- Es un proceso útil de cara a lograr el impulso de mejoras y cambios necesarios en cualquier entorno competitivo.

#### **INCONVENIENTES**

- Ciertos procesos necesitan de cierta depuración antes de su comparación para igualar las condiciones de los procesos comparados, esto tiene mucha importancia en el control de costes y la metodología Índice utilizada por cada empresa.
- Se basa en la confianza mutua de ventajas.
- Puede no existir la transparencia necesaria.

## **2.18 CONCLUSIONES SOBRE LOS MÉTODOS EXPUESTOS:**

Una vez descrito y entendido lo anterior, podemos plasmarlo en una serie de conclusiones o ventajas atendiendo a la figura de los tres agentes con mayor peso en la redacción y ejecución de un proyecto, y que deben de estar en constante contacto para el buen devenir de la obra: clientes, proyectistas y contratistas. Las ventajas de tener un buen sistema de control de costes para cada uno de ellos son:

Para los clientes:

- Facilidad para unificar las opciones del diseño con los objetivos del negocio.
- Mejorar el valor y elevar la calidad del producto.
- Gran potencial de minimizar el coste de construcción y de operaciones.
- Reducir el coste de la energía durante el uso.
- Entrega rápida de la instalación.
- Recuperación de la inversión antes.

Para los proyectistas

- Menos repetición de los trabajos.
- Las relaciones, conversaciones y compromisos se gestionan.
- Toma de decisiones en el momento oportuno.
- Mayor facilidad para crear edificios respetuosos con el medio ambiente.
- Mayor facilidad para la ejecución según el coste objetivo
- Reducción en el tiempo de redacción de documentos

Para los contratistas

- Mayor definición del proyecto.
- Menos repetición de trabajos, coste menor, finalización más rápida.
- Más construible, la logística se considera desde el inicio.
- Las relaciones, conversaciones y compromisos se gestionan de forma sistemática.
- Mayor exactitud en el proceso constructivo y certeza en el coste.



### **CAPÍTULO 3. REVISIÓN DE LAS ÚLTIMAS TENDENCIAS**

Después de la anterior revisión bibliográfica de los sistemas de control de costes en el sector de la construcción, vemos interesante hacer una búsqueda en revistas, congresos y artículos mediante los buscadores científicos destinados a ello (Web of Science, Scopus, ScienceDirect,...) de las últimas tendencias en control de costes.

El objetivo es saber cuáles de los métodos descritos en el capítulo anterior tienen mayor desarrollo y mayor repercusión a nivel científico en la actualidad.

Para ello se ha acotado la búsqueda a los últimos cuatro años, desde 2011 hasta 2015 de forma que los resultados de años anteriores no interfieran o enmascaren la realidad de la situación económica global actual.

Se han analizado 25 artículos para realizar un muestreo suficiente que nos aboque unos resultados de calidad. Para ello, se ha realizado una lectura de los abstracts, resultados y conclusiones de cada uno de ellos, sin profundizar ni ahondar en detalle en todo el desarrollo o cuerpo de los artículos.

A continuación se listan los 25 artículos estudiados con los datos que hemos considerado relevantes:

1. **Título:** Construction project control in the UK: Current practice, existing problems and recommendations for future improvement

**Autores:** Olawale, Yakubu; Sun, Ming

**Revista:** International Journal of Project Management

**Editorial:** Elsevier

**Año:** 2015

**Resumen. Metodologías y técnicas empleadas:** Mediante una encuesta a 250 compañías de Reino Unido y más en profundidad a 15 profesionales de las mismas, se obtienen 65 recomendaciones de buenas prácticas que se consideran clave en el control de proyectos. Mediante el Método Delphi, con la participación de ocho expertos y en dos rondas, se evalúan estas recomendaciones y se clasifican para mejorar las prácticas de control de proyectos.

**Keywords:** Project control; Cost control; Project overrun; Project management practice; Project success; Good practice; COST CONTROL-SYSTEM; PERFORMANCE CONTROL; SCHEDULE; MANAGEMENT; ESCALATION; INDUSTRY; OVERRUN; DELAY; MODEL

2. **Título:** Impact of progressive sustainable target value assessment on building design decisions

**Autores:** Russell-Smith, SV (Russell-Smith, Sarah V.); Lepech, MD (Lepech, Michael D.); Fruchter, R (Fruchter, Renate); Littman, A (Littman, Allison)

**Revista:** Building and Environment

**Editorial:** Elsevier

**Año:** 2015

**Resumen. Metodologías y técnicas empleadas:** Se estudia la posibilidad de combinar el Life cycle assessment (LCA) y el Target Value Design (TVD) para realizar diseños más sostenibles a nivel ambiental, económico y social. Esta metodología combinada recibe el nombre de Sustainable Target Value Design (STV).

**Keywords:** Sustainable target value; STV; Life cycle assessment; LCA; Sustainable building; Target value design

3. **Título:** ¿El sistema de costes basados en actividades es una herramienta viable para las pequeñas y medianas empresas? El caso de México

**Autores:** Ríos-Manríquez, Martha; Muñoz Colomina, Clara I.; Rodríguez-Vilariño Pastor, M. Lourdes

**Revista:** Estudios Gerenciales

**Editorial:** Elsevier

**Año:** 2014

**Resumen. Metodologías y técnicas empleadas:** Este trabajo analiza y evalúa el impacto, penetración y características de los costes basados en actividades (ABC) a partir de una muestra de 180 pequeñas y medianas empresas de México.

**Keywords:** Small and medium enterprises; Activity-based costs; Traditional cost systems; Mexico

4. **Título:** Sensitivity of Earned Value Schedule Forecasting to S-Curve Patterns

**Autores:** Kim, BC (Kim, Byung-Cheol); Kim, HJ (Kim, Hyung-Jin)

**Revista:** Journal of Construction Engineering and Management

**Editorial:** Asce

**Año:** 2014

**Resumen. Metodologías y técnicas empleadas:** Se examina la sensibilidad de los resultados de los métodos de previsión de tiempos de siete proyectos mediante el Earned Value Management. Utiliza patrones característicos de valor planificado y curvas-S de valor Ganado. Combina métodos deterministas y probabilísticos.

**Keywords:** Earned value; Schedule forecasting; S-curve; Kalman filter; Schedule risk; Cost and schedule

5. **Título:** Classification of Construction Costs-An International Overview from a UK Perspective

**Autores:** Martin, JLN (Martin, Joseph L. N.)

**Revista:** ASTM INTERNATIONAL. Selected Technical Papers

**Editorial:** ASTM

**Año:** 2014

**Resumen. Metodologías y técnicas empleadas:** La Royal of Chartered Surveyor de Reino Unido ha llevado a cabo una serie de encuestas para lograr trazar una comparativa real de conceptos similares, referentes a costes en edificación. La intención es una estandarización de elementos comunes para un mejor desarrollo y funcionamiento del Building Information Modelling (BIM).

**Keywords:** construction classification; cost planning; elements; entities; benchmarking; building information modeling; measurement; building; civil engineering

6. **Título:** Cost/Schedule Monitoring and Forecasting for Project Based on Earned Value Management (EVM)

**Autores:** Huang, JW (Huang, Jianwen); Pan, HM (Pan, Huimin); Li, Y (Li, Yan); Zhu, YT (Zhu, Yiting); Liao, ZY (Liao, Zaiyi)

**Revista:** Advanced Materials Research

**Editorial:** Trans Tech Publications

**Año:** 2014

**Resumen. Metodologías y técnicas empleadas:** Se aboga por el uso del Earned Value Management (EVM) como herramienta de control en la gestión de proyectos. Esto nos permite llevar un buen control y seguimiento de tiempos y costes que nos dé pie a tomar decisiones razonables sobre el proyecto.

**Keywords:** Earned Value Management (EVM); monitor; forecast; performance analysis

7. **Título:** Research on Cost Control of Infrastructure Project with Prior Operation Function in Design Phase

**Autores:** Ke, H (Ke, Hong); Gan, SF (Gan, Shaofei); Liu, XN (Liu, Xiuna)

**Revista:** Advanced Materials Research

**Editorial:** Trans Tech Publications

**Año:** 2014

**Resumen. Metodologías y técnicas empleadas:** Importancia del control de costes en las fases previas del proyecto, sobretodo en la fase de diseño, y no únicamente controlar la inversión. Se habla de métodos de ingeniería de valor.

**Keywords:** Cost Control; Design Phase; Infrastructure Projects; Operational Functions

8. **Título:** Validation Control of Construction Cost

**Autores:** Zhang, YG (Zhang, Yonggang); Wang, YH (Wang, Yonghong); Zhao, YY (Zhao, Yuanyuan)

**Revista:** Applied Mechanics and Materials

**Editorial:** Trans Tech Publications

**Año:** 2014

**Metodologías y técnicas empleadas. Resumen:** Importancia del control de costes en todas las fases de un proyecto: fase previa, diseño, licitación y construcción.

**Keywords:** construction management; construction cost; control

9. **Título:** Implementing earned value management using bridge information modeling

**Autores:** Marzouk, M (Marzouk, Mohamed); Hisham, M (Hisham, Mohamed)

**Revista:** KSCE Journal of Civil Engineering

**Editorial:** Springer

**Año:** 2014

**Resumen. Metodologías y técnicas empleadas:** Se integra en una aplicación el Building Information Modeling (BIM) y el Valor Ganado (EV) para la gestión de ciclos de vida y control de tiempos y costes en la construcción de puentes.

**Keywords:** building information modeling; infrastructure bridges; bridge information modeling; cost estimate; time and cost control; earned value



10. **Título:** EDM: Earned Duration Management, a new approach to schedule performance management and measurement

**Autores:** H. Khamooshi, H. Golafshani

**Revista:** International Journal of Project Management

**Editorial:** Elsevier

**Año:** 2014

**Resumen. Metodologías y técnicas empleadas:** El concepto de monitorización y control es una de las funciones más importantes de un proyecto que todavía no se ha explotado lo suficiente. Aquí se explora la metodología del Earned Value Management (EVM) y sus posibles mejoras como el Earned Duration Management (EDM) para controlar tiempos, costes, calidad y alcance de un proyecto con mayor precisión.

**Keywords:** Earned Value; EVM; Earned Schedule; Earned Duration; Earned Duration Management; EDM; Schedule management; Monitoring and control; Efficiency; Performance measurement; Forecasting; Estimation index; Performance and progress index; Project management

11. **Título:** Cost Overruns and Failure in Project Management: Understanding the Roles of Key Stakeholders in Construction Projects

**Autores:** Doloi, Hemanta

**Revista:** Journal of Construction Engineering and Management

**Editorial:** Asce

**Año:** 2013

**Resumen. Metodologías y técnicas empleadas:** Mediante una revisión bibliográfica exhaustiva se identifican 73 atributos asociados a los costes de un proyecto, los cuales se reducen a 48. Mediante un análisis de regresión multivariante se concluye que son realmente 5, los significativos para la gestión de los sobrecostes.

**Keywords:** Cost overrun; Cost estimation; Cost performance; Project management

12. **Título:** Study on Employer's Cost Control in the Bidding Phase

**Autores:** Wang, QF (Wang, Qiufang); Liu, X (Liu, Xing); Li, JF (Li, Juanfang)

**Revista:** Applied Mechanics and Materials

**Editorial:** Trans Tech Publications

**Año:** 2013

**Resumen. Metodologías y técnicas empleadas:** Importancia del control de costes en la fase de licitación de un proyecto y búsqueda de los factores de influencia en dicha fase. Se proponen medidas para evitar el riesgo en el control de costes.

**Keywords:** employer; bidding; cost control

13. **Título:** The Design and Application of Information Data Base of Construction Cost

**Autores:** Qiu, Y (Qiu Yan); Yin, YL (Yin Yilin); Zheng, GZ (Zheng Guozhang)

**Revista:** Applied Mechanics and Materials

**Editorial:** Trans Tech Publications

**Año:** 2013

**Resumen. Metodologías y técnicas empleadas:** Se subraya la necesidad del control de costes en las fases previas de un proyecto, y no únicamente en su ejecución. Importancia de la existencia de una base actualizada de datos de costes de construcción en el caso de China para evitar errores.

**Keywords:** Information Data Base of Construction Cost; Construction Cost Management; Valuation Model of Bill of Quantity

14. **Título:** Management Research on the Construction Enterprise Project Cost

**Autores:** Zhang, HY (Zhang, Hai Yan); Zhao, JW (Zhao, Jin Wei)

**Revista:** Applied Mechanics and Materials

**Editorial:** Trans Tech Publications

**Año:** 2013

**Resumen. Metodologías y técnicas empleadas:** Debido a la volatilidad del Mercado, la complejidad del sector de la construcción y muchos otros factores, se trata de, en el caso de China, buscar los factores que afectan a los costes de un proyecto y además explorar como realizar de forma efectiva la planificación y control de costes en la construcción.

**Keywords:** Project; The cost of the scheme; Control mechanisms; Investigate

15. **Título:** Study on Compilation and Application of Engineering Cost Index for Construction Project in China

**Autores:** Ke, H (Ke, Hong); Wu, RZ (Wu, Ruizhu); Luo, GF (Luo, Gaofeng)

**Revista:** Applied Mechanics and Materials

**Editorial:** Trans Tech Publications

**Año:** 2013

**Resumen. Metodologías y técnicas empleadas:** Índices de costes como herramienta fundamental para reflejar el cambio de la oferta y la demanda en el mercado de la construcción y el nivel de desarrollo de la productividad.

**Keywords:** Construction Project; Engineering Cost; Cost Index; Compilation; Application

16. **Título:** Coordination of Construction Project Cost and Schedule based on Grey Forecasting Method

**Autores:** Sun, CL (Sun, Chunling); Song, H (Song, Hong); Tian, R (Tian, Rui)

**Revista:** Applied Mechanics and Materials

**Editorial:** Trans Tech Publications

**Año:** 2013

**Resumen. Metodologías y técnicas empleadas:** Utilización del método GM (1,1) como modelo para realizar el control de costes, tiempo y calidad de un proyecto.

**Keywords:** project cost; schedule control; grey prediction; network plan

17. **Título:** Project Cost Control Based on Dynamic

**Autores:** Hu, YM (Hu, Yuming); Liang, C (Liang, Chuan)

**Revista:** Applied Mechanics and Materials

**Editorial:** Trans Tech Publications

**Año:** 2013

**Resumen. Metodologías y técnicas empleadas:** Análisis de las deficiencias de los métodos tradicionales de control de costes. Utilización de la técnica de dinámica de sistemas como solución.

**Keywords:** Dynamic; Project; Cost Control

18. **Título:** Discussing the Influence of BIM for the Construction Project Cost

**Autores:** Zheng, HK (Zheng, Haokai); Cao, JW (Cao, Jianwen)

**Revista:** Applied Mechanics and Materials

**Editorial:** Trans Tech Publications

**Año:** 2013

**Resumen. Metodologías y técnicas empleadas:** Building Information Modeling (BIM) como solución a los sobrecostos en los proyectos de construcción por falta de información en su diseño y ejecución. Desventajas de los métodos tradicionales de control de costes y potencial del BIM durante el ciclo de vida del proyecto.

**Keywords:** Construction project; Cost control; Building information modeling (BIM)

19. **Título:** Study on the Engineering Cost Management Systems

**Autores:** Zhang, HZ (Zhang Huazhi); Pan, F (Pan Fang); Zhang, ZH (Zhang Zhenhua); Cheng, CY (Cheng Caiyun)

**Revista:** Applied Mechanics and Materials

**Editorial:** Trans Tech Publications

**Año:** 2013

**Resumen. Metodologías y técnicas empleadas:** Un sistema básico de control de costes es la base de una buena gestión. Cantidad y precio unitario son importantes, por lo que en todo sistema de control de costes deben de quedar claramente reflejados.

**Keywords:** Engineering Cost; Management System

20. **Título:** Cost Control and Management of the Project in the Design Phase

**Autores:** Li, W (Li, Wei); Yu, J (Yu, Jin); Zhang, JP (Zhang, Jianpeng)

**Revista:** Advanced Materials Research

**Editorial:** Trans Tech Publications

**Año:** 2013

**Resumen. Metodologías y técnicas empleadas:** Se detallan los principales problemas de costes en los proyectos. Se habla de medidas efectivas y métodos de control en la fase de diseño combinados con buenas prácticas en toda edificación.

**Keywords:** project; design stage; project cost; effective control

21. **Título:** A new approach for project control under uncertainty. Going back to the basics

**Autores:** Fernando Acebes, Javier Pajares, José Manuel Galán, Adolfo López-Paredes

**Revista:** International Journal of Project Management

**Editorial:** Elsevier

**Año:** 2013

**Resumen. Metodologías y técnicas empleadas:** Combinación del Earned Value Management (EVM) con técnicas de análisis de riesgos como la simulación de Montecarlo para el control de proyectos y evitar desviaciones significativas, mediante tres casos de estudio. Se contrastan los resultados con los de métodos tradicionales y más optimistas como el PERT.

**Keywords:** Project Management; Earned Value Management; Project control; Monte Carlo simulation; Project risk management

22. **Título:** An exploration into cost-influencing factors on construction projects

**Autores:** Ying-Mei Cheng

**Revista:** International Journal of Project Management

**Editorial:** Elsevier

**Año:** 2013

**Resumen. Metodologías y técnicas empleadas:** Búsqueda de los factores clave que influyen en los sobrecostos de toda construcción. Se aplica el método Delphi (MDM) junto con el método Kawakita Jiro (KJ) para consolidar la opinión de varios expertos en varios grupos y varias rondas. Los factores resultantes se clasifican mediante índices de severidad de cálculo.

**Keywords:** Cost-influencing factors; Cost control; Modified Delphi Method; KJ method

23. **Título:** Research on Applying the Total Quality Management to Implicit Cost Control in Construction Projects

**Autores:** Shao, BL (Shao, Bilin); Wang, F (Wang, Fan); Chen, Z (Chen, Zhuo)

**Revista:** Advanced Materials Research

**Editorial:** Trans Tech Publications

**Año:** 2012

**Resumen. Metodologías y técnicas empleadas:** La industria de la construcción como pilar fundamental de la economía. Se analizan las medidas para implementar la gestión de la calidad total en los proyectos de construcción, para controlar los costes de manera más eficaz y aumentar los beneficios y competitividad de las empresas.

**Keywords:** Total Quality Management (TQM); Implicit Cost; Cost Control; Construction Projects

24. **Título:** Study on the Establishment of Integration Cost Dynamic Model of Construction Project

**Autores:** Yu, QY (Yu, Qiyuan); Qiu, HY (Qiu, Haoyue)

**Revista:** Advanced Materials Research

**Editorial:** Trans Tech Publications

**Año:** 2012

**Resumen. Metodologías y técnicas empleadas:** Integración del modelo de coste dinámico en los proyectos de construcción. Basado en él y con ayuda de la tecnología se podría mejorar el control de costes de un proyecto.

**Keywords:** Construction Project; Integration; Cost Dynamic Model

25. **Título:** A fuzzy approach for the earned value management

**Autores:** L. Naeni, S. Shadrokh, A. Salehipour

**Revista:** International Journal of Project Management

**Editorial:** Elsevier

**Año:** 2011

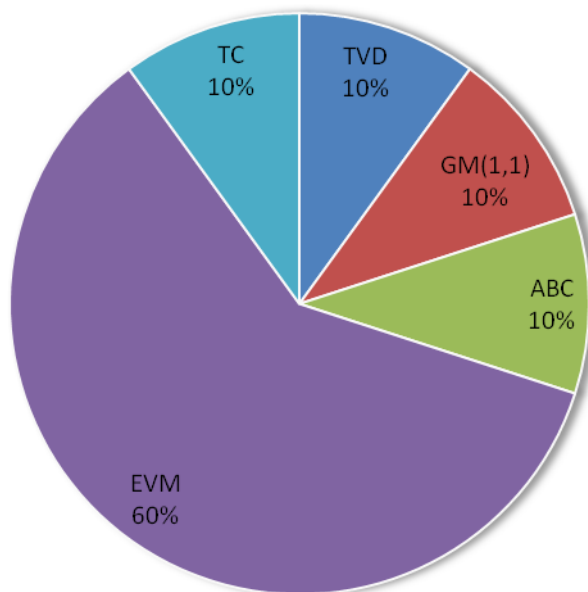
**Resumen. Metodologías y técnicas empleadas:** El método del valor Ganado (EVM) como herramienta fundamental para el análisis y control de costes en la ejecución de un proyecto. Utilización de la lógica fuzzy o difusa en combinación con el EVM para lidiar con la incertidumbre de todo proyecto.

**Keywords:** Fuzzy earned value; Earned value technique; Uncertainty; Project progress

## CAPÍTULO 4. RESULTADOS Y CONCLUSIONES

Tras las búsqueda, lectura y análisis de los artículos anteriores, solo queda lugar a la extracción de una serie de resultados y conclusiones sobre el panorama actual.

Por tanto, el resultado de la investigación anterior de forma gráfica **atendiendo a los diferentes sistemas de control de costes** quedaría distribuido de la siguiente manera:



**Ilustración 27. Resultados búsqueda sistemas de control de costes**

**Fuente: Elaboración propia**

Nótese que de los 25 artículos estudiados, el gráfico está basado en los 10 que se inclinan por algún método en concreto. El resto tienen relación con sistemas de control de costes pero desde una visión global o desde otra perspectiva.

Las conclusiones sobre la totalidad del estudio, englobando todos los artículos, son las que se listan a continuación:

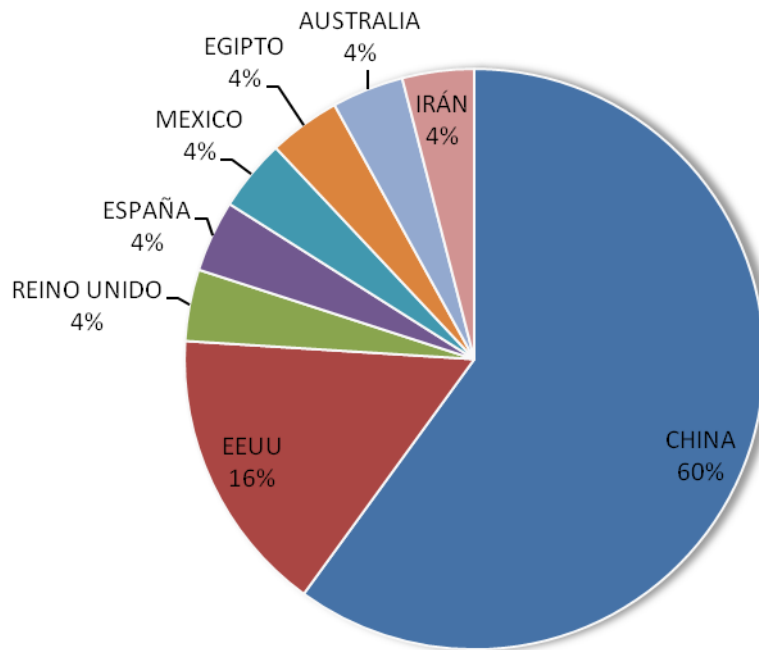
- Los dos métodos más extendidos en el sector de la construcción en el **Reino Unido** son el **Cost Value Reconciliation System (CVR)** y el **Método del Valor Ganado (EVM)**, combinándose en algunos casos. Cabe destacar que es uno de los mercados de mayor actividad en estos momentos.
- Desde algunas **universidades españolas** (Valladolid y Burgos) proponen integrar el **Método del Valor Ganado (EVM)** con análisis de riesgos del proyecto (p.e Simulación de Montecarlo, metodología PERT, estadística,...) para controlar y corregir desviaciones durante la construcción.
- En **México** se sigue intentando entender la baja aplicación en Pymes de sistemas de control de costes y en concreto del **ABC**.

- En **América del Norte**, desde la **Universidad de Stanford**, se está hablando de incluir y tener en cuenta junto al control de costes en la fase de diseño, ideas de sostenibilidad. Se habla del Sustainable Target Value (STV) que incorpora elementos de varias metodologías como son el Life Cycle Assessment (LCA), el **Target Value Design (TVD)** y el Life Cycle Costing (LCC). Con ello además de tener los costes controlados desde la fase de diseño, se piensa en reducir al mínimo los impactos ambientales.
- En la **Universidad de Washington** se vuelve a hablar del **Método del Valor Ganado (EVM)** pero modificándolo y creando el Earned Duration Management (EDM), en el cual se han desacoplado medidas de programación y costes, y se han desarrollado una serie de índices para medir el progreso y el rendimiento de lo previsto y lo ejecutado.
- Desde la **China University of Technology** se quiere llegar al origen y saber los factores de influencia de los costes. Para ello, combinan el Kawakita Jiro method (KJ) y el Modified Delphi Method (MDM) para conseguir opiniones de expertos para sacar conclusiones. Su objetivo es minimizar la incertidumbre y reducir la posibilidad de que se generen sobrecostes. De los 16 factores que les salen de su estudio, los dos más importantes son el **Control de costes y definir claramente el ámbito del proyecto en el contrato**.
- Desde el Departamento de Ingeniería Industrial de la **Universidad de Teherán, Irán**, también se considera crucial para el control de tiempos y costes el **Método del Valor Ganado (EVM)** pero presentan una evolución del método **incluyendo la lógica fuzzy** porque consideran la incertidumbre inherente en las actividades de la vida real, y por tanto en el sector de la construcción.
- En muchas **Universidades de China**, otro de los mercados que genera mayores movimientos en el sector, se aboga también por la lógica difusa, y se habla de métodos de **control dinámico de costes basados en Modelo GM (1,1)**. Este es un modelo para la predicción de costes de construcción mediante una serie de operaciones y formulaciones matemáticas basadas en la lógica difusa (fuzzy).
- En algunos de los artículos se aboga y se ve una clara predisposición a que el futuro del mundo de la construcción esté relacionado con el desarrollo del **Building Information Modeling (BIM)** y con la **filosofía LEAN**.
- Se ven varias referencias a utilizar las **encuestas, las entrevistas y la estadística** como técnicas y herramientas a tener en cuenta **para obtener información** relevante sobre el sector. Esto tiene cierta relación con la filosofía Kaizen, con la idea de **mejora continua** y por tanto está conectada con la conclusión anterior. Ejemplos de ello son la **dinámica de sistemas** o el **método Delphi**.
- Es **imprescindible hacer una exhaustiva planificación y un excelente posterior control de costes** de todo proyecto realizado para poder reducir las contingencias a mínimos y que no interfieran de forma significativa en el resultado final.



- Con un control adecuado y suficiente, seremos capaces de **tomar decisiones correctas en el momento oportuno.**

**Atendiendo ahora a la procedencia** de los 25 artículos, y por tanto a la localización geográfica de las universidades donde se han desarrollado las investigaciones, el estudio arroja los siguientes resultados por países:



**Ilustración 28. Resultados de la búsqueda por países**

**Fuente: Elaboración propia**

- **Más de la mitad** de los artículos **proceden de universidades de Asia, y concretamente de China**, uno de los países que ha experimentado un fuerte desarrollo del sector de la construcción en los últimos años y que posee los recursos necesarios para ello.
- Hay **presencia de artículos de investigación en los cinco continentes** (excluyendo la Antártida) en mayor o menor medida, quedando de la siguiente manera:
  - o África 1 artículo
  - o América 5 artículos
  - o Asia 16 artículos
  - o Europa 2 artículos
  - o Oceanía 1 artículo
- Es por tanto, un **tema de actualidad de carácter global** y sobre el cual se sigue investigando debido a la importancia que tiene a nivel de optimización de recursos, reducción de desviaciones y aumento de la calidad para todos los agentes implicados.



CAPÍTULO 5. MATRIZ COMPARATIVA

MÉTODO	Basado en	Combina control tiempos-costes	Método gráfico	Método reducción de costes	Implicación todos los agentes	Mejora continua	Mayor aplicación en empresas
2.1 DIRECT COSTING	Ventas	NO	NO	NO	NO	NO	Comerciales
2.2 FULL COSTING	Ventas y producción	NO	NO	NO	NO	NO	Industrial y servicios
2.3 RESOURCE BASED COSTING (RBC)	Recursos	NO	NO	NO	NO	NO	Manufacturas y Procesos Industriales
2.4 ACTIVITY BASED COSTING (ABC)	Actividades	NO	NO	NO	SÍ	NO	Manufacturas y Procesos Industriales
2.5 TIME-DRIVEN ACTIVITY BASED COSTING (TDABC)	Procesos	NO	NO	NO	SÍ	NO	Industriales con complejos procesos productivos
2.6 TIME-COST TRADE OFF PROBLEM (TCTP)	Tareas	SÍ	NO	NO	NO	NO	Construcción
2.7 MULTI MODE TIME-COST TRADE OFF PROBLEM (MTCTP)	Tareas	SÍ	NO	NO	NO	NO	Construcción
2.8 MODELO GRÍS GM(1,1)	Tareas	SÍ	NO	SÍ	NO	SÍ	Diversas
2.9 MÉTODO DEL VALOR GANADO (EVM)	Tareas	SÍ	SÍ	NO	NO	NO	Diversas
2.10 COST VALUE RECONCILIATION (CVR)	Tareas	NO	NO	NO	NO	NO	Construcción
2.11 MÉTODO IBSM	Tareas	SÍ	SÍ	NO	NO	NO	Diversas
2.12 LINEAS DE BALANCE (LOB)	Tareas	SÍ	SÍ	NO	NO	NO	Construcción
2.13 TEORÍA DE LAS RESTRICCIONES (TOC)	Restricciones	SÍ	NO	SÍ	SÍ	SÍ	Diversas
2.14 TARGET COSTING (TC)	Diseño	SÍ	NO	SÍ	SÍ	SÍ	Automovilísticas
2.15 KAIZEN COSTING (KC)	Producción	SÍ	NO	SÍ	SÍ	SÍ	Automovilísticas
2.16 TARGET VALUE DESIGN (TVD)	Diseño	SÍ	NO	SÍ	SÍ	SÍ	Diversas
2.17 BENCHMARKING	Procesos	NO	NO	SÍ	SÍ	SÍ	Diversas



## **INDICE DE ACRÓNIMOS**

ABC – Activity Based Costing

ABB – Activity Based Budgeting

ABM – Activity Based Management

AENOR – Asociación Española de Normalización y Certificación

AP – Adherencia a la Programación

BI – Beneficio Industrial

BIM – Building Information Modeling

CAM-I – Consorcio Internacional para la gestión avanzada

CD – Costes Directos

CF – Costes Fijos

CI – Costes Indirectos

CIA – Central Intelligence Agency

CP – Costes Previstos

CPTP – Coste Presupuestado del Trabajo Programado

CPTR – Coste Presupuestado del Trabajo Realizado

CR – Costes Reales

CRTR – Coste Real del Trabajo Realizado

CTE – Código Técnico de la Edificación

CV – Costes Variables

CVR – Cost Value Reconciliation system

DBR – Drum Buffer Rope

DC – Desviación en Coste

DP – Desviación en Programa

EAC – Coste estimado a la terminación

EDM – Earned Duration Management

EV – Earned Value

EVM - Earned Value Management

ETC – Coste estimado para terminar

GG – Gastos Generales

GM – Grey Model

IBSM – Integrated Budget and Schedule Monitoring

IRC – Índice de Rendimiento de Coste

IRCP – Índice de Rendimiento de Coste/Programa

IRP – Índice de Rendimiento de Programa

ISO – International Organization for Standardization

JIT – Just In Time

KC – Kaizen Costing

KJ – Kawakita Jiro Method

LCA – Life Cycle Assessment

LCAP – Ley de Contratos de las Administraciones Públicas

LCC – Life Cycle Costing

LOB – Líneas de Balance

MAQ – Maquinaria

MAT – Materiales

MAUX – Medios auxiliares

MDM – Modified Delphi Method

MO – Mano de obra

MP – Market Price

MTCTP – Multi Mode Time-Cost Trade off Problem

PC – Production Cost

PEC – Presupuesto de ejecución por contrata

PEM – Presupuesto de ejecución material

PG – Programación Ganada

PMBOK – Project Management Body of Knowledge

PMI – Project Management Institute

PT – Presupuesto Total

RBC – Resource Based Costing

SIGECA – Sistema de Gestión de Costes basado en las Actividades

SSAP9 – Statement of Standard Accounting Practice Nº 9

STV – Sustainable Target Value

TC – Target Costing

TCPI – índice de desempeño a la terminación

TCTP – Time-Cost Trade off Problem

TDABC – Time-Driven Activity-Based Costing

TOC – Theory of Constraint

TP – Tiempos Previstos

TQM – Total Quality Management

TR – Tiempos Reales

TVD – Target Value Design

UK – United Kingdom

UNE – Una Norma Española

UPV – Universitat Politècnica de València

UTE – Unión Temporal de Empresas

VAC – Variación a la terminación

VE – Value Engineering

VSM – Value Stream Mapping





## BIBLIOGRAFÍA

- Acebes, F., Pajares, J., Galán, J. M., & López-Paredes, A. (2013). A new approach for project control under uncertainty. Going back to the basics. *ScienceDirect* .
- AENOR. (2000). Sistema de Gestión de la calidad.
- AENOR. (2003). Sistema de Gestión de la calidad. Directrices para la gestión de la calidad en los proyectos.
- Alba, J. (2013). Método del Valor Ganado. *PPCTOTAL* .
- Amat i Salas, J. M. (1992). *Control presupuestario*. Barcelona: Ediciones Gestión 2000 S.A.
- Amat, J. M. (1993). *El control de gestión: Una perspectiva de dirección*. Barcelona: Ediciones Gestión 2000 S.A.
- Amat, O., & Soldevila, P. (2011). *Contabilidad y gestión de costes*. Barcelona: Profit.
- Argilés Bosch, J. M. (2007). Análisis del comportamiento de los resultados en "Full" y "Direct Costing". *Cuadernos* .
- Azimi Sani, A., & Allahverdizadeh, M. (2012). Target and Kaizen Costing. *World Academy of Science* .
- Barber Lloret, P. (2001). *La empresa constructora, programación y control de obra: organización medición y valoración de obras*. San Vicente, Alicante: Club Universitario.
- Bellut, S. (2004). *Estimar el coste de un proyecto*. Madrid: AENOR.
- Botero Botero, L. F., & Avedo Agudelo, H. (2011). Simulación de operaciones y línea de balance: herramientas integradas para la toma de decisiones. *Ingeniería y ciencia* .
- Burstein, D., & Stasiowski, F. (2002). *Project Management. Manual de Gestión de proyectos para arquitectos, ingenieros e interioristas*. Barcelona: Gustavo Gili.
- Bustos Chocomeli, O., & González, M. J. (2013). Apuntes Procesos y Planificación de la producción en la construcción. Universitat Politècnica de València.
- Bustos Chocomeli, O., Amselem, R., & Collado, M. L. (2011). Apuntes de Gestión Integral del Proceso Edificatorio. Universitat Politècnica de València.
- Caldera, J., & Ripoll Feliu, V. (2003). Factores de organización y comportamiento en los sistemas ABC/ABM: Estado de la. *Compendium* .
- Catalá Alís, J., & Pellicer Armiñana, E. (1999). *Control de costes en la construcción*. Valencia: Universidad Politècnica de Valencia.
- Catalá Alís, J., & Yepes Piqueras, V. (1999). Aplicación del sistema de costes ABC en la gestión de proyectos y obras. *Forum Calidad* .

- Ceres Rodríguez, F. J. (2009). *Apuntes de Control de costes*. Universitat Politècnica de València.
- Doloi, H. (2013). Cost Overruns and Failure in Project Management: Understanding the Roles of Key Stakeholders in Construction Projects. *Web of Science* .
- Esawi, A., & Ashby, M. (2003). Cost estimates to guide pre-selection of processes. *ScienceDirect*
- Fernández Plazaola, I., & Pons Morera, M. (2013). *Apuntes Análisis y Control de Costes*. Universitat Politècnica de València.
- Ferry, D. J., & Brandon, P. S. (1991). *Cost planning of buildings*. Oxford etc.: BSP.
- Flanagan, R., & Tate, B. (1997). *Cost control in building design: an interactive learning text*. Oxford etc.: Blackwell Science.
- García, G. (2001). *Precio, tiempo y arquitectura: mediciones, presupuestos y planificación para edificación y obra civil*. Madrid: Celeste: Mairea.
- Gómez-Senent Martínez, E. (1989). *Introducción al proyecto*. Valencia: Universidad Politècnica de Valencia.
- Guerra Peña, L., Coronel Granado, A. J., Martínez de Irujo García, L., & Llorente Simón, A. (2002). *Gestión integral de proyectos*. Madrid: Fundación Confemetal, D.L.
- Harris, F., & McCaffer, R. (1999). *Construction management. Manual de gestión de proyecto y dirección de obra*. Barcelona: Gustavo Gili.
- Hu, Y., & Liang, C. (2013). Project Cost Control Based on Dynamic. *Scientific.Net* .
- Huang, J., Pan, H., Li, Y., Zhu, Y., & Liao, Z. (2014). Cost/Schedule Monitoring and Forecasting for Project Based on Earned Value Management (EVM). *Scientific.Net* .
- Huo, H., & Zhan, S. (2012). Improved Grey Model GM(1,1) and Its Application based on Genetic Algorithm. *International Journal of Digital Content Technology & its Applications* .
- Jin, D. (2012). An New Engineering Costs Forecasting Dynamic Control Model based on GM(1,1) Model. *Journal of Convergence Information Technology* .
- Julong, D. (1988). Introduction to Grey System Theory. *The Journal of Grey System* .
- Kaplan, R. S., & Cooper, R. (1999). *Coste y efecto: cómo cursar el ABC, AMB y el ABB para mejorar la gestión, los procesos y la rentabilidad*. Barcelona: Gestión 2000 D.L.
- Kaplan, R., & Anderson, S. (2004). Time-Driven Activity-Based Costing. *Harvard Business Review*
- Kayacan, E., Ulutas, B., & Kaynak, O. (2009). Grey System theory-based models in time series prediction. *Elsevier* .
- Ke, H., Gan, S., & Liu, X. (2014). Research on Cost Control of Infrastructure Project with Prior Operation Function in Design Phase. *Scientific.Net* .

- Ke, H., Wu, R., & Luo, G. (2013). Study on Compilation and Application of Engineering. *Scientific.Net* .
- Khamooshi, H., & Golafshani, H. (2014). EDM: Earned Duration Management, a new approach to schedule performance management and measurement. *ScienceDirect* .
- Kim, B.-C., & Kim, H.-J. (2014). Sensitivity of Earned Value Schedule Forecasting to S-Curve Patterns. *ASCE* .
- Levy, S. M. (1997). *Administración de proyectos de construcción*. México: McGraw-Hill/Interamericana.
- Li, W., Yu, J., & Zhang, J. (2013). Cost Control and Management of the Project in the Design Phase. *Scientific.Net* .
- Lock, D. (1990). *Gestión de proyectos*. Madrid: Paraninfo.
- López González, R. (2015). *Escuela de organización industrial*. Obtenido de <http://www.eoi.es/blogs/embaon-alumnos/2013/03/19/modelos-de-costes-%E2%80%9Cfull-cost%E2%80%9D-y-%E2%80%9Cdirect-cost%E2%80%9D-ventajas-e-inconvenientes/>
- Loría Arcila, J. H. (s.f.). Programación de obras con la técnica de la línea de balance. Mexico: Academia de Ingeniería.
- Macomber, H., Howell, G., & Barbeiro, J. (2015). *Lean Construction Institute*. Obtenido de <http://www.leanconstruction.org/media/docs/chapterpdf/chicago/2012-06-14-lci-chicago-tvd-lpc.pdf>
- Martin, J. L. (2014). Classification of Construction Costs-An International Overview from a UK Perspective. *Web of Science* .
- Martínez Montes, G., & Pellicer Almiñana, E. (2007). *Organización y gestión de proyectos y obras*. Mc Graw Hill.
- Marzouk, M., & Hisham, M. (2014). Implementing earned value management using bridge information modeling. *Web of Science* .
- Ministerio de Fomento. (1999). Ley 38/1999 de 5 de noviembre, de Ordenación de la Edificación, LOE.
- Ministerio de Hacienda. (2001). Real Decreto 1098/2001, de 12 de Octubre, por el que se aprueba el Reglamento general de la Ley de Contratos de las Administraciones Públicas.
- Ministerio de Vivienda. (2006). Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo, por el que se aprueba el Código Técnico de la Edificación.
- Naeni, L., Shadrokh, S., & Salehipour, A. (2011). A fuzzy approach for the earned value management. *ScienceDirect* .
- Navarro, D. (2006). Seguimiento de proyectos con el Análisis del Valor Ganado. Universidad Nacional de Colombia.

- Pellicer Armiñana, T. M. (2004). *El control de gestión en las empresas constructoras*. Valencia: Editorial UPV.
- Ponz Tienda, J. L. (2010). GRCPSP Robusto basado en Producción para Proyectos de Edificación y Construcción . *Tesis* . Valencia: Universitat Politècnica de València.
- Prieto, B., Satidrian, A., & Aguilar, P. (2005). *Contabilidad de costes y de gestión: Un enfoque práctico*. Delta.
- Project Management Institute (PMI). (2009). *Guide to the Project Management Body of Knowledge (PMBOK)*. Project Management Institute.
- Qiu, Y., Yin, Y., & Zheng, G. (2013). The Design and Application of Information Data Base. *Scientific.Net* .
- Ramus, J., Birchall, S., & Griffiths, P. (2006). *Contract Practice for Surveyors*. Oxford: Elsevier.
- Real Academia Española. (2014). Diccionario de la lengua española.
- Ríos-Manríquez, M., Muñoz Colomina, C. I., & Rodríguez-Vilariño Pastor, M. L. (2014). ¿El sistema de costes basados en actividades es una herramienta viable para las pequeñas y medianas empresas? El caso de México. *Web of Science* .
- Rodríguez Martín, A. R. (s.f.). *Expansión*. Recuperado el 2015, de <http://www.expansion.com/diccionario-economico/contabilidad-de-costes.html>
- Ruiz de Arbulo López, P., & Fortuny Santos, J. (2011). Innovación en gestión de costes: del abc al tdabc. *Dirección y Organización (DYO)* .
- Rusell-Smith, S. V., Lepech, M. D., Fruchter, R., & Littman, A. (2015). Impact of progressive sustainable target value . *ScienceDirect* .
- Sánchez Ayuso, M. (1983). *Control de costos en la construcción*. Barcelona: Ceac.
- Santana Larenas, G. (1988). *Planificación y control de obras de construcción*. Madrid: Ediciones Paraninfo S.A.
- Serra Salvador, V. M. (2003). *Contabilidad de costes: cálculo, análisis y control*. Valencia: Tirant lo Blanch.
- Shao, B., Wang, F., & Chen, Z. (2012). Research on Applying the Total Quality Management to Implicit Cost Control in Construction Projects. *Scientific.Net* .
- Stephenson, P., & Hill, M. S. (2005). Cost Value Reconciliation (CVR) in the UK construction industry. Australia: Queensland University of Technology.
- Sun, C., Song, H., & Tian, R. (2013). Coordination of Construction Project Cost and Schedule based on Grey Forecasting Method. *Scientific.Net* .

Torralba Martínez, J. M., Chiner Dasi, M., Rodrigo Morant, F., Collado López, M. L., & Arango Serna, M. D. (2003). *El proceso presupuestario en proyectos de construcción*. Valencia: Editorial UPV.

Universidad de Oviedo. (2010). Aspectos Básicos de contabilidad de costes. Oviedo.

Valenzuela León, C. F. (2011). Predicción de largo plazo para la generación eólica mediante modelos grises. *Tesis*. Santiago de Chile, Chile: Universidad de Chile.

Wang, Q., Liu, X., & Li, J. (2013). Study on Employer's Cost Control in the Bidding Phase. *Scientific.Net*.

Yakubu, O., & Sun, M. (2015). Construction project control in the UK: Current practice, existing problems and recommendations for future improvement. *Web of Science*.

Ying-Mei, C. (2013). An exploration into cost-influencing factors on construction projects. *ScienceDirect*.

Yu, Q., & Qiu, H. (2012). Study on the Establishment of Integration Cost Dynamic Model of Construction Project. *Scientific.Net*.

Zhang, H. Y., & Zhao, J. W. (2013). Management Research on the Construction Enterprise Project Cost. *Scientific.Net*.

Zhang, H., Pan, F., Zhang, Z., & Cheng, C. (2013). Study on the Engineering Cost Management Systems. *Scientific.Net*.

Zhang, Y., Wang, Y., & Zhao, Y. (2014). Validation Control of Construction Cost. *Scientific.Net*.

Zheng, H., & Cao, J. (2013). Discussing the Influence of BIM for the Construction. *Scientific.Net*.