



**UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA
BARCELONATECH**

**Escola Superior d'Enginyeries Industrial,
Aeroespacial i Audiovisual de Terrassa**

Trabajo final de grado:

**Estudio mecánico de un componente de
automoción utilizando herramientas de
simulación numérica**

EMSN.001

PRESUPUESTO

Estudiante: Víctor Cortés Abad.

Director: Rafael Weyler.

Co-director: José Antonio Ortiz Marzo.

Grado: GRETl.

Fecha de entrega: Junio 2016.

I. Índice de contenido

1. Revisión del presupuesto inicial	4
2. Cómputo de horas actualizado	8
3. Presupuesto definitivo.....	11
3.1. Costes directos asociados al trabajo.....	11
3.2. Costes energéticos	12
3.3. Costes de herramientas	12
3.4. Coste total y conclusión	13

II. Índice de diagramas

Diagrama 1: Porcentaje de tiempo invertido según grupos de actividades.	9
Diagrama 2: Presupuesto general.	13

III. Índice de tablas

Tabla 1: Tabla resumen de costes directos asociados al trabajo.	4
Tabla 2: Tabla de costes asociados a energía consumida.	5
Tabla 3: Precio de venta al público de módulos Samcef.	6
Tabla 4: Coste anual de Siemens NX Samcef.	6
Tabla 5: Tabla de costes asociados a las herramientas virtuales utilizadas.	7
Tabla 6: Presupuesto inicial estimado.	7
Tabla 7: Horas de trabajo actualizadas.	8
Tabla 8: Diferencias de tiempos.	9
Tabla 9: Tiempos de validación de NX Samcef.	10
Tabla 10: Tiempos de simulación mecánica.	10
Tabla 11: Cargas asignadas a las partes.	11
Tabla 12: Partida 1 - Costes directos asociados al trabajo.	11
Tabla 13: Partida 2 - Costes energéticos.	12
Tabla 14: Partida 3 - Costes de herramientas.	12
Tabla 15: Presupuesto total definitivo.	13
Tabla 16: Asignación de costes según parte del proyecto.	14

1. Revisión del presupuesto inicial

Una vez determinados los costes directos asociados a las horas de trabajo del presente proyecto, se realizó una estimación exhaustiva del coste total del estudio. Para el siguiente presupuesto se tuvieron en cuenta los precios de las licencias de los programas a utilizar, así como el gasto de energía necesaria para el correcto funcionamiento de los equipos y las instalaciones.

Primeramente, se resumen los datos obtenidos en el apartado anterior en forma de tabla de costes directos asociados al trabajo humano.

Nombre	Unidades [h]	Coste unitario [€/h]	Coste [€]
Costes directos asociados al trabajo	Gestión	14	140
	Formación	90	900
	Diseño CAD	48	480
	Simulación	57	570
	Viabilidad	27	270
	Entregables	60	600
TOTAL	296		2.960 €

Tabla 1: Tabla resumen de costes directos asociados al trabajo.

Tal y como se ha determinado anteriormente, el coste total de las horas de trabajo invertidas es 2.960€. Seguidamente se procede a determinar los costes energéticos del proyecto, para ello se consultan los *datasheet* de los componentes del equipo informático (*Hewlett-Packard 2010, 2005*). En el caso concreto del PC, la información disponible indica el consumo a pleno rendimiento. Por este motivo, se le asigna un consumo medio inferior, concretamente el 75% de la potencia máxima.

Se determina también el consumo de luz, teniendo en cuenta que se realiza el estudio en una oficina con 21 fluorescentes de 18W. Dado que hay cuatro trabajadores por oficina, se asigna a cada trabajador una cuarta parte del consumo total. Debe determinarse también el consumo de ventilación y climatización. Se estima que el climatizador consume 600W (*Electrocalculator.com 2014*), teniendo en cuenta que en la empresa trabajan siete personas, se asigna un consumo de 86W por persona.

Nombre	Tiempo [h]	Consumo unitario [kW]	Consumo total [kWh]	Coste unitario [€/kWh]	Coste [€]
Energía	Pantalla HP LP2065	296	0,055	16	5,54
	PC HP xw4600	296	0,356	105	35,83
	Iluminación	296	0,095	28	9,56
	Climatización	296	0,086	25	8,66
TOTAL			174 kWh		60 €

Tabla 2: Tabla de costes asociados a energía consumida.

Como puede apreciarse en la *tabla 2*, el precio del suministro eléctrico, se considera 0,34€/kWh, valor obtenido de calcular el precio medio de la luz según seis compañías diferentes (*Tarifaluzhora.com 2016*). Cabe mencionar que se estima despreciable el coste de contratación de los servicios de luz, puesto que ese cargo corresponde a la gestión de la propia empresa que realiza el servicio de estudio.

Contando con tales asignaciones, se estima un coste energético de 60€ durante el estudio mecánico del componente. Puede observarse también en la *tabla 2* que no se han computado los costes de adquisición de los equipos y sistemas. Esto es debido a que la vida útil de estos es muy elevada en relación a su coste. Por este motivo, el coste temporal unitario determinado en euros por hora se considera despreciable.

A continuación, se deben determinar los costes de las herramientas virtuales utilizadas durante la realización del proyecto. Se considera que únicamente se necesitarán dos programas informáticos. El módulo Samcef, integrado en el entorno Siemens NX, es capaz de simular y analizar componentes virtualmente, mientras que Microsoft Office es el procesador de texto y cálculo que se utilizará para la redacción de los documentos.

Por tal de estimar el coste de la licencia de Siemens NX, se contacta con el distribuidor Análisis y Simulación, que detalla la siguiente información referente a los precios de venta al público de los productos de Siemens:

Software	P.V.P (sin IVA)
Pre y post simulación	10.100 €
Cálculo lineal	5.889 €
Cálculo no lineal	12.668 €
Modos propios y respuesta en frecuencia	5.133 €

Tabla 3: Precio de venta al público de módulos Samcef.

Nótese que los precios corresponden al derecho vitalicio de uso del programa en la versión que se obtiene. Si se desea mantener actualizado el software, se debe abonar aproximadamente un veinte por ciento del precio inicial (*AyS 2016*).

Con la presente información, se procede a realizar una estimación del coste total anual del programa a utilizar. Para la siguiente estimación, se ha considerado una amortización a cinco años del programa, así como el IVA actual del 21%.

Módulo	PVP (IVA no incl.)	IVA (21%)	PVP (IVA incl.)	Coste anual	Mantenim. anual	Total anual
Pre y post	10.100 €	2.121 €	12.221 €	2.444 €	2.020 €	4.464 €
Lineal	5.889 €	1.237 €	7.126 €	1.425 €	1.178 €	2.603 €
No Lineal	12.668 €	2.660 €	15.328 €	3.066 €	2.534 €	5.599 €
Modos y RF	5.133 €	1.078 €	6.211 €	1.242 €	1.027 €	2.269 €

Tabla 4: Coste anual de Siemens NX Samcef.

Finalmente, puede realizarse una estimación presupuestaria completa de los *softwares* a utilizar. Cabe mencionar que el módulo de cálculo no lineal es prescindible en el estudio a realizar, por lo que se procede sin contabilizarlo. Así pues, el concepto licencia NX Samcef (*tabla 5*) contiene la suma de los costes totales anuales (*tabla 4*) de los tres módulos restantes.

Para la estimación del coste del procesador de texto, se ha consultado el coste de adquisición de licencia anual de Microsoft Office, obteniendo un coste de 106€ al año (*Microsoft 2016*).

Nombre		Coste anual [€/año]	Días laborables [días/año]	Jornada laboral [h/día]	Coste unitario [€/h]	Ud. [h]	Coste [€]	
Herramientas virtuales	Licencia Samcef	9.336	200	8	5,8	296	1.727	
	Licencia Office	106	200	8	0,1	296	20	
TOTAL		9.442 €					1.747 €	

Tabla 5: Tabla de costes asociados a las herramientas virtuales utilizadas.

Finalmente, se obtiene un coste para las herramientas virtuales de 1.747€ del proyecto. A continuación se expone una tabla resumen con los costes estimados anteriormente y el total resultante de la suma de estos.

Costes directos asociados al trabajo	2.960 €
Energía	60 €
Herramientas virtuales	1.747 €
TOTAL	4.766 €

Tabla 6: Presupuesto inicial estimado.

Definitivamente, se obtuvo la estimación inicial de cuatro mil setecientos sesenta euros para el presente proyecto. Nótese que este presupuesto es orientativo y se basaba en el conocimiento de los principales ítems y actividades que integran el proyecto. Por este motivo, dado siendo una estimación incluida en el estudio preliminar, el error probable cometido es cercano al 25% (*Dept. Proyectos ETSEIAT 2015*). Seguidamente se procede a actualizar el cómputo de horas totales invertidas.

2. Cómputo de horas actualizado

Dada la situación actual del proyecto, con los principales puntos terminados, se actualiza el cómputo de horas invertidas en cada etapa. Analizando las horas necesarias para realizar cada grupo de actividades, se completa la tabla siguiente:

Concepto	Horas
1- Gestión (incluye Pr. Charter)	15
2- Formación	79
3- Validación	81
- Tutorial	7
4- Simulación	30
5- Viabilidad*	27
6.2- Memoria*	30
6.3- Planos	6
6.4- Presupuesto*	9
TOTAL	286 h.

Tabla 7: Horas de trabajo actualizadas.

* **Conceptos con tiempos estimados.**

Tal y como puede apreciarse en la *tabla 7*, el tiempo total invertido en la realización del proyecto se considera menor que la estimación inicial. Cabe mencionar que los tiempos a invertir en los estudios de viabilidad, la composición de la memoria y el redactado del presente documento, no han sido medidos, sino estimados en función del presupuesto inicial. Dado pues el carácter incompleto del proyecto no se puede considerar el presente presupuesto como reflejo exacto de la realidad. Aun así, se puede considerar definitivo y fuente de medida para la facturación del proyecto.

Con el cómputo de horas actualizado se puede calcular el error cometido en la estimación inicial realizada para el Project Charter, la cual consideraba necesarias 296 horas de trabajo para la realización del presente proyecto.

$$\varepsilon = \frac{\Delta t}{t_0} = \frac{286 - 296}{296} = -3\%$$

Finalmente, atendiendo al reducido error cometido con la estimación inicial (3%), se puede concluir que dicha estimación fue relativamente conservadora, apuntando a un mayor número de horas. A pesar de ello, resultó ser una estimación muy precisa, ampliamente por debajo del error límite establecido del 10%.

Por tal de analizar mejor las variaciones respecto la estimación inicial, se realiza una tabla comparativa entre ambos cómputos de tiempo:

	Est. Inicial [h]	Est. Final [h]	ϵ
Gestión	29	15	-48%
Formación	90	79	-12%
Validación	48	82	71%
Tutorial	-	7	-
Simulación	57	30	-47%
Planos	6	7	17%

Tabla 8: Diferencias de tiempos.

Aludiendo a la *tabla 8*, se concluye que las estimaciones individuales de cada apartado se alejaron más de la realidad que la media de todas ellas. Estos errores de estimación se han equilibrado unos con otros (positivos con negativos) y han acabado generando el error del 3% comentado anteriormente. Atendiendo a los errores relativos, el más grande resulta ser el cometido en la estimación del tiempo necesario para la validación de NX Samcef. Esto es debido a que durante la validación surgieron problemas de aplicación de cargas y restricciones, mayoritariamente debido a la poca experiencia poseída como usuario.

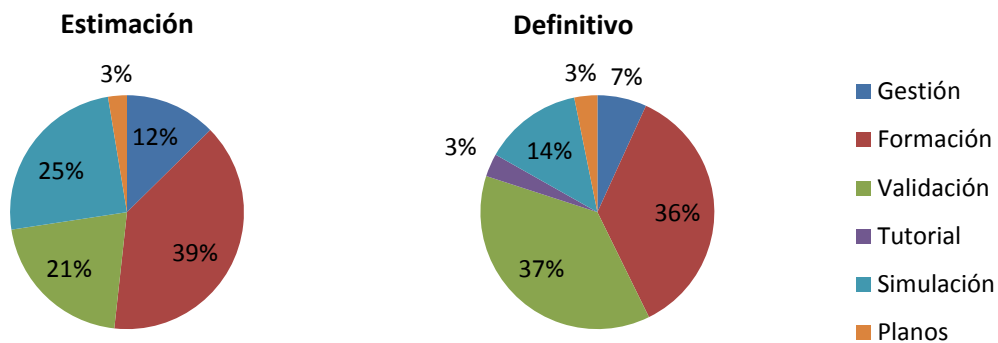


Diagrama 1: Porcentaje de tiempo invertido según grupos de actividades.

Asimismo, atendiendo a la escala de colores y al *diagrama 1*, se puede apreciar como en ambos casos la carga en horas de la formación es muy elevada. Dicha formación es necesaria para el estudio de las herramientas, la biela a simular y la correcta utilización del software, siendo este muy completo y relativamente complejo.

También se observa en la *tabla 8*, como una vez conocido el programa, realizar una simulación y analizar sus resultados es un proceso más sencillo de lo que parece sin conocer el terreno de la simulación mecánica mediante elementos finitos. Por este motivo, el tiempo necesario para la simulación de la biela ha resultado ser prácticamente un 50% menor del estimado inicialmente.

Finalmente, cabe mencionar que la realización de un tutorial que explicara la realización de uno de los problemas de validación no era una tarea prevista, por lo que no se le asignó ningún tiempo durante la estimación inicial.

Una vez adjudicados los tiempos definitivos para cada actividad y grupo, dado que el presente proyecto se puede dividir en dos partes diferenciadas (la validación de NX Samcef y la simulación de la biela), conviene estudiar qué porcentaje de carga se puede achacar a cada una de las partes. Para ello, se seleccionan las actividades propias de cada parte y se suman los tiempos correspondientes:

Actividad	Tiempo invertido [hh:mm]
Formación herramientas	53:11
Validación de NX Samcef	81:49
Tutorial	7:00
Total parte 1	142

Tabla 9: Tiempos de validación de NX Samcef.

Actividad	Tiempo invertido [hh:mm]
Formación componente	26:07
Simulación mecánica	30:12
Total parte 1	56

Tabla 10: Tiempos de simulación mecánica.

Una vez agrupados los tiempos de cada parte, se puede estimar que porcentaje de la carga total de trabajo corresponde a cada uno, para ello, se busca la fracción de tiempo que corresponde a cada una:

$$1^{\text{a}} \text{ parte} = \frac{142}{142 + 56} = 72\%$$

$$2^{\text{a}} \text{ parte} = \frac{56}{142 + 56} = 28\%$$

Acto seguido, sobre el total de horas computadas anteriormente se aplican los porcentajes calculados:

Parte del proyecto	Carga total [h]	Porcentaje [%]	Carga asignada [h]
1ª parte: validación	286	72	205
2ª parte: simulación		28	81

Tabla 11: Cargas asignadas a las partes.

Así pues, quedan determinadas las cargas de trabajo de cada parte diferenciada del proyecto. Tales valores serán utilizados para realizar un estudio más preciso de las viabilidades, en los apartados correspondientes.

3. Presupuesto definitivo

3.1. Costes directos asociados al trabajo

Una vez llegado a este punto del proyecto, se deben generar los presupuestos para que el cliente pueda consultar la información referente al precio que se le está cobrando, por el servicio prestado. Tal y como se ha expuesto anteriormente, el cómputo de horas ha sido actualizado, y finalmente resulta la siguiente partida del presupuesto asociado a las horas de trabajo humano.

	Coste unitario [€/h]	Unidades [h]	Coste [€]
Gestión	10	15	151
Formación	10	79	793
Validación	10	81	818
Tutorial	10	7	70
Simulación	10	30	302
Viabilidad	10	27	270
Memoria	10	30	300
Planos	10	6	67
Presupuesto	10	9	90
Subtotal :			2.861,00 €

Tabla 12: Partida 1 - Costes directos asociados al trabajo.

Como puede apreciarse en la *tabla 12*, el precio total a pagar por el cliente en concepto de costes directos asociados al trabajo humano es de dos mil ochocientos sesenta euros. Se aprecia también en dicha tabla como el coste unitario de las horas de ingeniería es relativamente reducido, teniendo en cuenta la experiencia y rodaje del autor del proyecto.

Cabe mencionar que el precio establecido no contiene añadido el IVA correspondiente, y al tratarse el presente proyecto de un estudio académico, este concepto no será aplicado a las partidas presupuestarias realizadas.

3.2. Costes energéticos

Seguidamente se realiza la partida presupuestaria destinada a cubrir los gastos energéticos, considerando el cómputo de horas definitivo expuesto anteriormente.

	Tiempo [h]	Coste unitario [€/kWh]	Consumo [kW]	Coste [€]
Pantalla HP LP2065	286	0,34	0,055	5,35
PC HP xw4600	286	0,34	0,356	34,62
Iluminación	286	0,34	0,095	9,24
Climatización	286	0,34	0,086	8,36
			Subtotal :	57,57 €

Tabla 13: Partida 2 - Costes energéticos.

Tal y como se expone en la estimación inicial el precio de un kWh se considera 0,34€. Asimismo, como se aprecia en la *tabla 13*, el cómputo total de los costes energéticos es de sesenta euros aproximadamente.

3.3. Costes de herramientas

También de un modo semejante al expuesto en la estimación inicial del presupuesto, se considera estudiar la partida presupuestaria destinada a la adquisición y mantenimiento de las herramientas virtuales necesarias. Actualizando los cálculos realizados con el cómputo de horas definitivo, se obtiene la siguiente partida:

	Coste unitario [€/h]	Unidades [h]	Coste [€]
NX Samcef	5,83	286	1668,80
Microsoft Office	0,07	286	18,88
		Subtotal :	1.687,67 €

Tabla 14: Partida 3 - Costes de herramientas.

3.4. Coste total y conclusión

Finalmente, con las tres partidas del presupuesto definidas y expuestas, se procede a la suma de todas ellas y la exposición del presupuesto total definitivo. Nótese que a los costes totales del trabajo se le añade un 30% de margen de beneficio, el cual es un margen habitual en proyectos de ingeniería.

Concepto	Est. Inicial		Definitivo	
	Coste	Precio	Coste	Precio
Costes asociados al trabajo	2.960,00 €	4.228,57 €	2.861,00 €	4.087,14 €
Costes energéticos	22,78 €	85,11 €	22,01 €	82,24 €
Costes de herramientas	1.746,68 €	2.495,26 €	1.687,67 €	2.410,96 €
TOTAL	4.729,46 €	6.808,94 €	4.570,68 €	6.580,34 €

Tabla 15: Presupuesto total definitivo.

Definitivamente, se considera el precio del servicio a prestar de seis mil seiscientos euros. Como se expone anteriormente, este precio no computa el IVA, que debería ser añadido posteriormente. Como se ha analizado en apartados anteriores, el precio final resulta ser ligeramente menor al inicialmente estimado, pero cabe mencionar que la estimación apuntó con una precisión razonable y aceptable al precio final.

A continuación, se realiza un diagrama de costes para una obtener una vision gráfica del presupuesto total definitivo:

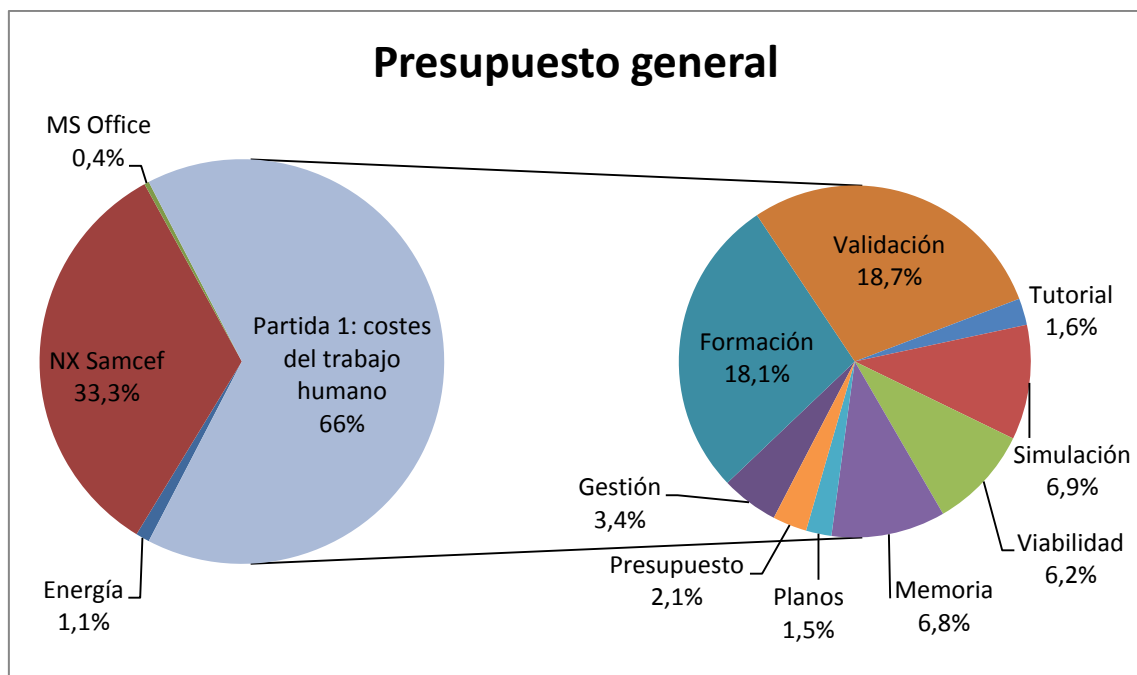


Diagrama 2: Presupuesto general.

Como se aprecia en la *tabla 15* y en el *diagrama 2*, como es lógico, la partida más costosa es la destinada a cubrir las horas de trabajo humanas. Por otro lado, la partida de los costes de las herramientas no es ni mucho menos despreciable, puesto que Siemens NX es un software relativamente costoso.

Asimismo, cabe destacar que el coste energético, del cual se habla en la viabilidad medioambiental, es prácticamente despreciable, ya que representa un uno por ciento de los costes totales del proyecto.

Del mismo modo que en el estudio de los tiempos, se puede considerar el precio diferenciado de ambas partes del proyecto:

Parte del proyecto	Coste total [€]	Porcentaje [%]	Carga asignada [h]
1ª parte: validación	6.580	72	4.738
2ª parte: simulación		28	1.842

Tabla 16: Asignación de costes según parte del proyecto.

En conclusión, se determina un coste (sin IVA) de cuatro mil setecientos euros para el trabajo de validación de NX Samcef y mil ochocientos euros para la parte de simulación mecánica de una biela. En total, el coste del proyecto sin IVA es aproximadamente seis mil seiscientos euros.