

Construcción de un polideportivo en L'Hospitalet de Llobregat. Comparación entre un proyecto tradicional y uno sostenible.

Alberto Dávila Lara, Rubén Roldán Ponce.

Resumen

El presente proyecto tiene como objetivo comparar el coste económico y de emisiones de CO₂ que se requieren para edificar un polideportivo de forma tradicional y de forma sostenible. Esta comparación se basará en cuatro puntos principalmente, la propia edificación, el consumo de Agua Caliente Sanitaria, la iluminaria y la calefacción. La situación del polideportivo será en pleno centro de la ciudad de L'Hospitalet de Llobregat, concretamente en la calle Gasómetro donde actualmente existe un solar donde hay tres pistas de baloncesto.

1. Introducción

Primeramente la construcción de este polideportivo es una demanda vecinal, ya que estaría situado en un distrito donde actualmente solo existe un centro polideportivo de una capacidad muy pequeña.

Una vez satisfecha esta necesidad, nos vimos en el punto de decidir cómo construiríamos el mismo. Llegados a este punto vimos necesario hacer este estudio comparativo, ya que no existen comparativas para poder formar una base razonable para su desarrollo.

Los actuales terrenos son propiedad del Ayuntamiento de L'Hospitalet de Llobregat, y por ordenanza municipal estos están destinados a equipamiento deportivo.

En los documentos del proyecto se calculan y se detallan las necesidades energéticas y de emisiones de CO₂, así como las necesidades de Agua Caliente Sanitaria y de iluminación en nuestro Pabellón. Muchos de estos cálculos se realizarán por duplicado, para poder realizar la comparación entre la edificación sostenible y la tradicional.

Lo que respecta al calentamiento del Agua Caliente Sanitaria, en el polideportivo tradicional se realizará con una caldera de Gas Natural convencional, y la construcción sostenible con captadores solares, los cuales están diseñados para satisfacer el 100% de la demanda energética.

Para la iluminación hemos elegido luces convencionales para el polideportivo tradicional, y lámparas de led para el sostenible. En cuanto a la demanda lumínica, deberá ser la misma en ambos proyectos.

En la construcción es donde hemos hecho la apuesta más importante. Hemos decidido realizar los muros altos del polideportivo con arena prensada y un 8% de hormigón. Este método se está desarrollando en la actualidad en

diferentes zonas del planeta, ha demostrado gran eficiencia y fiabilidad. Para el resto de muros y paredes utilizaremos las mismas en ambos proyectos.

La parte de calefacción la hemos subdividido en ambos casos, tradicional y sostenible, y además hemos diferenciado entre verano e invierno. La finalidad en todos los casos es conseguir 15°C, una temperatura de confort. En el caso del tradicional se utiliza una caldera de gas natural, y en el caso sostenible se volverán a utilizar paneles solares térmicos. Para los meses de verano, en el caso tradicional es necesario el equipamiento de equipos de refrigeración para obtener esta temperatura de confort. Y en el caso sostenible nos hemos decantado por colocar humidificadores de bajo consumo.

2. Objeto

La memoria del proyecto, juntamente con los planos y anexos, tienen como finalidad la comparación entre la construcción de un polideportivo tradicional y uno sostenible. Para esto debemos equiparar el rendimiento final de ambas edificaciones.

Todas las propuestas que se realizan en este proyecto han sido pensadas y calculadas, en todo momento teniendo en cuenta la funcionalidad de cada una de ellas según su utilización. De manera que cada una de ellas sea flexible y previniendo algunas modificaciones o cambios.

Todas las instalaciones se han realizado cumpliendo las normativas vigentes en sus diferentes sectores de aplicación

3. Datos Generales

Este proyecto en primer lugar intenta satisfacer una necesidad de la ciudad de L'Hospitalet de Llobregat, más concretamente del barrio de Santa Eulalia, y es que en este sector no existen pistas polideportivas suficientes para satisfacer las necesidades.

El terreno donde hemos planificado la edificación está situado en Carrer de Gasometro nº7, 08904 L'Hospitalet de Llobregat, provincia de Barcelona.

Los autores del proyecto son Alberto Dávila Lara y Rubén Roldán Ponce, Graduados en Ingeniería Industrial Mecánica, en la Escola Politècnica Superior d'Enginyeria de Vilanova i la Geltrú, con dirección en Avinguda Víctor Balaguer, 1. 08800 Vilanova i la Geltrú, provincia de Barcelona.

4. Distribución del edificio

El edificio está compuesto por tres módulos diferentes. El módulo A, con una altura de 2.8 metros, será donde está la entrada principal, y la zona de oficinas y gimnasio. En la primera planta del edificio B están las pistas y los módulos de mantenimiento, y en la segunda planta encontramos las Gradas, este edificio tiene una altura total de 10.5 metros. En el edificio C encontramos los vestuarios, con una altura de 2.8 metros.

Las superficies de cada uno de los tres edificios son las siguientes.

Edificio A:

	Zona	Superficie [m2]
Edificio A	Recepción	12
	Despacho 1	10
	Despacho 2	21
	Despacho 3	11,25
	Despacho 4	22,75
	Pasillo oficinas	30,25
	Vestuario femenino	32,5
	Vestuario masculino	32,5
	Vestuario individual	11,25
	Pasillo vestuario GIM	18,25
	Hall entrada	222
	Segunda Planta escaleras	78
	Gimnasio	284
	Total:	785,75

Tabla 1- Distribución m2 del edificio A

Edificio B:

	Zona	Superficie [m2]
Edificio B	Pasillo A	100
	Pasillo C	14
	Pasillo D	14
	Pasillo E	14
	Calderas	58,5
	Almacén	105
	Baños Pista	22,5
	Baño Minusválido	7,5
	Enfermería	22,5
	Cuarto Material	63
	Cuarto de Limpieza	17,5
	Baños público	38,5
	Gradas	477
	Pista	1113
	Total:	2067

Tabla 2 - Distribución en m2 del edificio B

Edificio C:

	Zona	Superficie [m2]
Edificio C	Vestuario Tipo	45
	Vestuario Tipo Arbitro	15
	Pasillo B	106
		Total:

Tabla 3 - Distribución m2 del edificio C

5. Edificación

En el **edificio tradicional** nos hemos basado en los elementos constructivos de las instalaciones similares de la ciudad de L'Hospitalet de Llobregat. Por esto, hemos decidido utilizar como base constructiva los bloques de cemento.

Nos hemos basado en el programa Cype2013 para elegir **las vigas y la cimentación** necesaria. Los perfiles que hemos seleccionado son aquellos que tienen una densidad menor, así no desvirtuar los datos de la comparación. La luz de esta parte será de 58 m, y la altura máxima es de 14.53 metros.

La pared de cerramientos de bloques de cemento, serán de cara vista de 15 cm de espesor de bloque hueco. Una vez levantado el edificio hemos decidido que los tabiques de separación interiores serán de obra de fábrica cerámica, comúnmente denominado como tochana, de 40 mm de grosor.

En lo que respecta a **la solera**, tal como hemos expuesto antes, nos hemos basado en los polideportivos y centros cercanos, y el tipo de solera que está más extendido es hormigón de 15cm de espesor acabado con polvo de cuarzo color gris, que nos proporciona una estética y un acabado idóneos.

Respecto a **la cubierta**, hemos elegido una ligera formada por planchas de perfil nervado de chapa de acero galvanizada. A todo esto le unimos las puertas y ventanas que cumplen con la normativa actual aplicable.

A continuación observamos los gastos y las emisiones de estos elementos.

Elementos constructivos	Precio	Kg de CO2
Vigas ED1	540.285,0	1.380.005,10
Cimentación ED1	7.713,7842	20094,59
Muros exteriores	77.619,21	104.033,85
Muros Separación ed2	6.443,44	3.705,23
Muros separación ed3	19.282,62	25.610,34
Cubierta	101.822,92	146.383,90
Suelo	221.597,88	486.743,78
techo edificio 2,3, escalera	58.652,00	84.320,00
Puerta Principal	4.141,84	115,58

Puertas Interiores IND	5.576,76	1.684,80
Puertas Interiores DOB	5.557,12	4.174,48
Puertas antincendios	11.141,76	4.377,28
Ventana 150*120	3.188,50	8.759,30
Ventana 75*90	541,16	1.533,24
Ventana fija	1.053,17	17.506,68

Como resumen de emisiones tenemos la siguiente tabla.

TOTAL	Precio (€)	Emisiones CO2(Kg)
	1.072.330,96	2.309.142,74

Para el Edificio Sostenible hemos elegido una cimentación de rocas y tierra compactada, a la cual se le añadirá mortero de cal y arena del tipo tapetate para conseguir la consistencia idónea y terminar de asentar los huecos.

En lo que respecta a la solera, en este caso será de madera, y los cerramientos exteriores del edificio se realizarán con bloques de cemento y tierra compactada, como observamos en la siguiente figura.

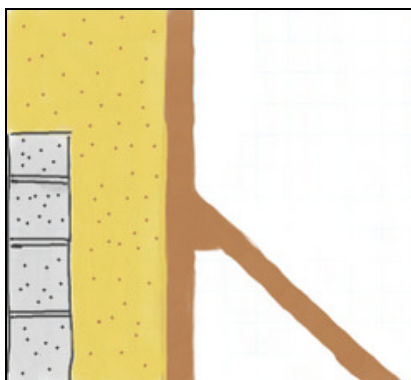


Ilustración 1- Sección de muro del edificio B

Esta forma constructiva se utiliza se está utilizando en diferentes edificaciones de nueva construcción. Al ser tierra, debemos protegerla de los actos vandálicos, por eso colocamos los bloques de hormigones, que también nos servirán de encofrado. En lo referente a los cerramientos interiores de los edificios A y C, debemos destacar que los del edificio C serán los mismos que en el tradicional, al ser una zona con gran capacidad para impactos ambientales. En cambio para el edificio A hemos decidido que las divisiones sean mediante tabiques de madera.

Para la cubierta hemos decidido implementar una celosía de madera laminada. Para cerrar esta cubierta utilizaremos como en el caso anterior un panel tipo sándwich. En cambio los edificios A y C tendrán una cubierta transitable de hormigón.

En cuanto a las ventanas y puertas, utilizaremos el mismo número que en el edificio tradicional, pero haciendo cambios en los materiales constructivos, utilizaremos

madera, y en el tamaño de las mismas, para poder utilizar más luz solar.

A continuación se detalla el coste y las emisiones ocasionadas.

Elementos constructivos	Precio	Kg de CO2
Cimentación	1201,65	1820,00
Muros exteriores de tierra	11.874,24	24.165,12
Muros exteriores de bloques	16.527,96	22.152,60
Muros separación ed3	19.282,62	25.610,34
Cubierta Ed1	101.822,92	146.383,90
Cubierta Ed2	53.357,09	55.472,60
Cubierta Ed3 y escalera	25.518,35	36.686,00
Puerta Principal	4.141,84	115,58
Puertas Interiores IND	5.576,76	1.684,80
Puertas Interiores DOB	5.557,12	4.174,48
Puertas antincendios	11.141,76	4.377,28
Ventana 150*120	2.532,90	233,30
Ventana 75*90	942,16	112,12
Ventana fija	1.244,76	531,99
Suelo		
Tierra	19.152,00	38.976,00
Vigas	17163,82	725,76
Tablones	22915,73	4688,64
Muros Separación ed2		
Perfiles	1292,07	335,67
Talón	1849,52	2171,18

A continuación podemos ver los costes y emisiones totales.

TOTAL	Precio (€)	Emisiones CO2 (kg)
	323.095,25	370.417,36

Por lo tanto si comparamos el coste final y las emisiones de ambos edificios podemos ver una clara diferencia.

	Tradicional	Sostenible	Ahorro Total
Coste (€)	1.072.330,96	323.095,25	749.235,71
Emisiones CO2 (kg)	2.309.142,74	370.417,36	1.938.725,38

5. Iluminación

La elección de luminarias está basada en la normativa vigente, que nos especifica el número de lúmenes requerido en los diferentes espacios. La zona de recepción, despachos, enfermería y pista requieren un mínimo de 500 lúmenes. Los pasillos, calderas y almacenes, una iluminación de mínimo 200 lúmenes, y los baños, escaleras, gradas, vestuarios y gimnasio un mínimo de 300 lúmenes.

Para el edificio tradicional hemos elegido la siguiente lista de luminarias.

Tipo de Luminaria	P(W) unitaria	Lúmenes
Philips Rotaris TBS740 1xt15c 60W	65	3000
Philips TBH 424 4 x t15 14W	63	3700
Philips TCW060 1xt1-d 58W	55	3301
Philips Celino TCS680 2xt15- 28W	62	3990
Philips HPK450 1xHpl-n 400W	426	14080
Philips Arano TCS640 3xTL5 14W	48	2813

Para el edificio sostenible las luminarias elegidas son las siguientes.

Tipo de luminaria	P (W) unitaria	Lúmenes
Lámpara de LEDs de Superficie OG-LED220-JLPC-W	40	4000
Luminaria de LEDs para Empotrar GR-RD-GS-06	36	3100
Lámpara de LEDs para Carril PL218053	40	3400
Lámpara de LEDs de Superficie OG-LED220-YPC-W	40	4000
Lámpara de LEDs para Empotrar GR-RD-GS-05	33	2800
Campana de LEDs IP67 BQ-HB-120W	120	13800

Al ser luminarias de lúmenes similares, hemos utilizado el mismo número de lámparas en los dos modelos. No tenemos en cuenta el efecto que realizarán las ventanas en

el edificio sostenible, ya que existe la posibilidad de que los días sean nublados. Con todas estas premisas obtenemos que los gastos anuales serán de:

	TRADICIONAL	SOSTENIBLE	Diferencia
kW/año	163959,29	64313,88	99645,41
Gasto anual (€)	25069,05	9833,46	15235,58

Después de calcular esto, obtenemos que el edificio sostenible emitiría 1779.56 kg de CO₂, y el tradicional de 4537.50 kg de CO₂, una diferencia de 2757.64 kg anuales.

Sabiendo la duración media de las iluminarias elegidas, podemos hacer una aproximación al gasto en luminarias en un periodo de 20 años.

Tipo	Gasto en luminarias en 20 años
Tradicional	163179,7€4
Sostenible	133928,17€
Diferencia	29251,57€

6. Agua Caliente Sanitaria (ACS)

Para estimar la cantidad de ACS que se gastará en nuestras instalaciones, hemos hecho una estimación de que en la zona de pistas asistirán 144 personas a lo largo del día, de los cuales suponemos que 92 se ducharán en nuestras instalaciones. Respecto al gimnasio, suponemos que todos los usuarios se ducharán en las instalaciones, y según datos de instalaciones cercanas, hacemos una estimación de que utilizarán las instalaciones del gimnasio unas 200 personas.

Según el criterio de demanda del Código Técnico de Edificación, el consumo medio será de 25 litros de ACS. Utilizamos este baremo ya que es el más restrictivo.

Con estos datos y sabiendo el número de días que estarán abiertas las instalaciones, calculamos un total de 2113120 litros anuales. Esta cantidad de agua, ha de ser calentada hasta los 60°, desde su temperatura media de red de 12.3°.

$$E_{ACS} = V \cdot \rho \cdot C_e \cdot \Delta t$$

Utilizando la fórmula anterior, sabiendo que el Ce del agua es de 4187 J/kg°C, obtenemos una demanda energética total de 117076.35 kWh.

Para el proyecto tradicional hemos elegido una caldera de gas natural que son las más extendidas comercialmente. Para calcular la potencia máxima de trabajo de la caldera, utilizaremos la siguiente ecuación.

$$Q = m \cdot C_p \cdot \Delta T$$

Con esto obtenemos una potencia máxima requerida de 271.96kW. Por esto hemos elegido la caldera de modelo C310-350 Eco, que cumple estos requisitos de manera holgada. Esta caldera tiene un rendimiento del 97.3%.

Así pues, obtenemos que para abastecer el total de demanda energética, necesitaremos 11569.72 m³. Los cuales generan un total de 25453.39 kg de CO₂.

Para el edificio sostenible hemos elegido producir ACS a partir de instalaciones solares térmicas. Actualmente esta forma de obtención de energía está bastante extendida ya que tiene un bajo coste de mantenimiento, y para viviendas unifamiliares es bastante rentable.

El captador solar que hemos elegido es el modelo Danosa DS09-25S, que resulta el más eficiente al presentar una relación entre precio y energía muy bueno. Este captador presenta un rendimiento de un 45% aproximadamente.

Una vez calculado el rendimiento medio anual del captador, que es de un 0.46, podemos calcular la energía efectiva total anual de nuestro sistema de captación. Esta es de 536.54 kWh/m².

Con este dato ya podemos calcular la superficie de captación y el número de captadores necesarios.

$$Sup. Captación = E_{ACS} / E_{efectiva} = 117.076,35 / 536,54 = 218,21 m^2$$

$$Número Captadores = S_{captación} / S_{del\ captador} = 218,21 / 2,29 = 95,28 \text{ captadores}$$

Por lo tanto, obtenemos que necesitaremos un total de 96 captadores para abastecer las necesidades energéticas totales. Ahora ya podemos obtener los datos de la energía total efectiva que nos suministrará la instalación.

	E. Efectiva del sistema (kWh/m ² día)	E. Efectiva total (kWh)
Enero	24,16	5312,20
Febrero	34,56	7597,67
Marzo	47,59	10462,90
Abril	57,74	12693,45
Mayo	66,22	14557,26
Junio	64,35	14146,70
Julio	72,43	15923,77
Agosto	0,00	0,00
Septiembre	59,44	13066,41
Octubre	48,00	10553,34
Noviembre	34,16	7510,61
Diciembre	27,88	6128,87
Total Anual:		117953,18

7. Climatización

Es importante tener el control de la temperatura idónea del edificio en el que coinciden actividades diferentes. Para poder conocer cuál es la temperatura ideal nos hemos ayudado del programa Psycho Tool v2, además de la temperatura media diurna mensual según el Instituto catalán de Meteorología. Gracias a este programa vemos que tanto los aficionados como los jugadores, están en una zona de confort alrededor de los 14 °C.

Ahora diferenciaremos entre el invierno y el verano, ya que son dos temporadas con una temperatura muy dispar, en la que en una deberemos calentar y en otra enfriar el ambiente.

Para el invierno en nuestro proyecto tradicional, volveremos a utilizar la caldera de gas natural que anteriormente hemos utilizado para producción de ACS. A continuación observamos la cantidad de energía que deberemos producir en los meses de invierno.

	kWh (día)	Días de apertura	kWh
Enero	4.079,40	22	89.746,80
Febrero	3263.52	24	97.905,48
Diciembre	3263.52	26	106.064,40
		Total	293.716,68

En el proyecto sostenible la calefacción la realizaremos a través de paneles solares, y con suelo radiante, ya que son dos opciones muy efectivas, que además trabajan a una temperatura de 60°C.

Para los cálculos de la demanda energética de los captadores para calefacción utilizaremos el mismo procedimiento utilizado en el apartado de ACS. Por lo tanto, obtenemos que en los meses de invierno la demanda energética será la siguiente.

	Agua total	Demanda energética (kJ)	Demanda energética (kWh)
Diciembre	6322.45	1297132.80	360.31
Enero	6322.45	1376544.75	382.37
Febrero	6322.45	1352212.37	375.61

Sabiendo esto, obtenemos que necesitaremos 7 captadores extra para la producción de calefacción.

En verano, suponiendo que el mes de agosto el centro estará cerrado ya que no hemos podido encontrar una temperatura ideal de confort para las dos actividades realizadas, volvemos a diferenciar entre tradicional y sostenible.

Para el polideportivo tradicional utilizaremos aire acondicionado. Para saber qué modelo utilizar, obtenemos que el número de BTU totales es de 1456200. Con este dato obtenemos los kW totales necesarios, que serán 426.77 kW.

En el proyecto sostenible hemos utilizado un humidificador de ambiente, que ayudará a bajar la temperatura de las zonas comunes. Trabajando este a máxima potencia, obtendremos los siguientes datos.

	Tradicional(kWh)	Sostenible (kWh)	Ahorro (kWh)	Ahorro (€)
Invierno	293.716,68	13.388,18	280.328,50	42.861,66
Verano	6.401,55	3,75	6.397,80	978,21

8. Conclusiones

El presente proyecto nos ha ayudado a ver que existe una forma sostenible de construcción, una forma que nos beneficia intensamente tanto económica como medioambientalmente.

La reducción de emisiones es muy significativa, mirando únicamente la parte estructural, podríamos abastecer casi 100 vehículos durante toda su vida útil, y ahorrando cerca de 700.000 euros.

8. Agradecimientos

Agradecemos encarecidamente a Juan José Aliau por su dedicación y su compromiso con nuestro proyecto. También queremos agradecer al Ayuntamiento de L'Hospitalet de Llobregat por su información desinteresada en diferentes aspectos de este proyecto.