



Universidad
Zaragoza

Trabajo Fin de Grado

Equipamientos dotacionales para deportes de invierno: tecnología, construcción y sostenibilidad.

Autor/es

Luis Sánchez Olivares

Director/es

Fernando Kurtz Rodrigo
Belinda López Mesa

Escuela de Ingeniería y Arquitectura
2015



DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y ORIGINALIDAD

(Este documento debe acompañar al Trabajo Fin de Grado (TFG)/Trabajo Fin de Máster (TFM) cuando sea depositado para su evaluación).

D./D^a. Luis Sánchez Olivares,

con nº de DNI 73012472F en aplicación de lo dispuesto en el art.

14 (Derechos de autor) del Acuerdo de 11 de septiembre de 2014, del Consejo de Gobierno, por el que se aprueba el Reglamento de los TFG y TFM de la Universidad de Zaragoza,

Declaro que el presente Trabajo de Fin de (Grado/Máster)
Grado, (Título del Trabajo)

Equipamientos dotacionales para deportes de invierno: tecnología, construcción y sostenibilidad.

es de mi autoría y es original, no habiéndose utilizado fuente sin ser citada debidamente.

Zaragoza, _____

Fdo: _____

Resumen

El texto tiene la vocación de elaborar un breve recorrido del desarrollo que han sufrido las pistas de hielo, entendidas como construcción arquitectónica, desde los primeros intentos allá por mediados del siglo XIX hasta la actualidad, para después, procede a realizar un estudio mas exhaustivo de las distintas tipologías ligadas a las diversas disciplinas deportivas, así como de los sistemas constructivos y recursos tecnológicos mas innovativos empleados en un ejemplo de referencia.

Se parte de los primeros intentos por construir una pista de hielo "artificial" para usos recreacionales en la década de 1860, hasta llegar a los sistemas constructivos actuales.

Mas tarde, se pasa a hablar sobre los distintos condicionantes que influyen la concepción de los "pabellones de hielo", haciendo hincapié en los aspectos territoriales y de emplazamiento, y en el programa de necesidades que suelen llevar implícitos estos edificios. Posteriormente se tratan las características y funcionalidad de dichos proyectos con la intención de aclarar una serie de aspectos relacionados con cómo se articulan y organizan las distintas partes que los conforman.

En el siguiente punto se tratarán los aspectos relacionados con la eficiencia energética y el empleo de recursos/sistemas sostenibles en la construcción de los pabellones de hielo. Dado el alto consumo energético que supone mantener las condiciones adecuadas de humedad y temperatura que requieren este tipo de edificios, son de vital importancia para esta investigación, todos los aspectos relacionados con la eficiencia energética y sostenibilidad.

En el último punto del trabajo, se realiza el análisis de un proyecto de referencia, haciendo hincapié en los sistemas constructivos y soluciones explicadas en los puntos anteriores, y que han sido aplicados en dicho proyecto. Concretamente, se ha escogido del Pabellón de Hielo de Jaca, uno de los pocos ejemplos que se pueden encontrar actualmente en España, y que gracias a la proximidad y la reciente fecha de construcción de la obra, lo convierten en un candidato perfecto para el desarrollo del trabajo.

ÍNDICE

Resumen.....	3
1. Introducción. La pista de hielo: desarrollo histórico y su vinculación deportiva.....	5
1.1 Las primeras pistas y sistemas de enfriamiento.....	6
1.2 Vinculación deportiva.....	8
1.3 Tipologías como resultado de las nuevas normativas.....	9
2. Pabellones de hielo. Condicionantes: emplazamiento, programa y funcionalidad.....	11
2.1 Normativa. La situación en España.....	12
2.2 Condicionantes territoriales y de emplazamiento.....	13
2.3 Programa de uso y necesidades. Lógica de los pabellones.....	14
3. Tecnología y construcción . Componentes fundamentales de un pabellón para deportes de hielo.....	21
3.1 La pista.....	22
3.2 Cerramientos del edificio y cubierta.....	24
3.3 Graderío.....	26
3.4 Otros espacios y elementos singulares.....	26
4. Sistemas de instalaciones. Sostenibilidad y eficiencia energética.....	27
4.1 Sistema de refrigeración.....	28
4.2 Sistema de ventilación y climatización + producción de ACS.....	31
4.3 Sistema deshumidificador.....	32
4.4 Acúsca de la pista de hielo.....	32
4.5 Iluminación.....	32
Aplicación de las soluciones a un caso de referencia, Pabellón de Hielo de Jaca.....	34
5.1 Introducción y condicionantes, cómo se concibe el proyecto.....	34
5.2 Programa de usos y necesidades.....	36
5.3 Tecnología y construcción.....	40
5.3.1 Sistema estructural.....	40
5.3.2 La pista.....	41
5.3.3 Cerramientos y cubierta.....	43
5.3.4 Graderío.....	45
5.3.5 Otros espacios y elementos singulares.....	45
5.4 Sistemas de instalaciones.....	47
5.4.1 Sistema de climatización y ventilación.....	47
5.4.2 Sistema de producción de agua fría para pista de hielo y climatizadores.....	48
5.4.3 Sistema de agua caliente de climatización.....	49
Planos.....	50
Referencias.....	55
Índice de imágenes.....	56

1. Introducción. La pista de hielo: desarrollo histórico y su vinculación deportiva.

1.1 Las primeras pistas y sistemas de enfriamiento.

Es necesario remontarse varios siglos atrás para comprender como surge y evoluciona el concepto de pista de hielo tal y como lo conocemos hoy en día, ligado a diversas disciplinas deportivas.

La noción de patinaje sobre hielo data aproximadamente de hace 3000 años, y se cree original de las civilizaciones que ocupaban la actual Península Escandinava, sin embargo fueron los holandeses los que popularizaron la idea de incorporar una cuña metálica afilada para deslizarse por el hielo, allá por los siglos XIII y XIV. Aunque de manera rudimentaria, se asimilarían al concepto de patines que tenemos hoy en día, con una bota que incorpora la cuchilla metálica. Estos "patines" se utilizaban para circular por el extensivo sistema de canales y vías fluviales del que disponían, y que se congelaba en las épocas más frías. Dicha actividad se hizo popular en los estados del norte de Europa y pronto se convirtió en una actividad más de tipo recreacional y disfrute.



1. Evolución de los primeros sistemas de patines desde el 1800 a.C. a la actualidad

Mientras que el concepto de pista de hielo se asocia normalmente a deportes como el hockey o el patinaje, el primer deporte al que fue ligado es el *Curling*, un deporte de invierno originario de Escocia. En inglés, pista de hielo es *ice rink*, que en escocés significa literalmente pista. Es el nombre con el que se designaba al terreno de juego donde se practicaba dicho deporte, tratándose lagos helados, ríos, canales...

Las primeras pistas de hielo natural tanto exteriores como subterráneas, fueron construidas de manera dedicada para su uso por Clubs de patinaje, datándose el primero de ellos en 1642, en Edimburgo, Escocia. Aprovechando las bajas temperaturas de los inviernos, se disponía una capa textil sobre una base firme (generalmente de un "hormigón" pobre sobre áridos), y se llenaba de agua para después dejar solidificar. Con el paso del tiempo, el relleno dejó de ser únicamente agua, para convertirse en una serie de mezclas, que permitían aumentar el deslizamiento sobre la superficie helada, y alargar su duración durante el invierno. En una breve reseña de la revista *Punch* en 1843, describe dicha mezcla como "una especie de lodo químico compuesto por agua, manteca de cerco y sulfato derretido que olía de una manera terrible".

Es necesario irse hasta el año 1876 para poder ver la primera pista de hielo refrigerada mecánicamente, *The Glaciarum*. Inaugurada en Chelsea, Londres, los medios nacionales se hicieron eco de la noticia, incluido el magazine semanal *All the Year Around* fundado por Charles Dicks, donde un artículo hacía una descripción de como funcionaba la pista de hielo: "Se colocaban en el suelo tuberías de cobre cubiertas por agua a lo largo de toda la pista, a través de las cuales circulaba una mezcla de glicerina y agua que después eran enfriadas". En cierto modo, podría decirse que se trata de un sistema, que a grosso modo, utiliza un método de refrigeración parecido al actual.

The Glaciarum supuso un gran avance técnico, y muy pronto, el sistema de refrigeración mecánico a través de tuberías comenzó a imitarse, primero dentro del Reino Unido, pasando después al resto de Europa, América y Australia. Se produjo una gran proliferación de pistas de hielo, aprovechando también el auge que en estos momentos estaba teniendo el hockey. Comenzó entonces, lo que se conoce como la Gran Era de las pistas de hielo, desde la década de 1890 hasta 1920 aproximadamente, con la construcción de un importante número de pistas a lo largo de todo el mundo. Un ejemplo es

The Southport Glaciarum, que se construyó como respuesta al original, pero con unas dimensiones mucho mayores (720 m²).



2. Southport Glaciarum. Es la segunda pista refrigerada mecánicamente en el Reino Unido.

En 1891, en Frankfurt, Alemania, la Linde Ice Machine Co. construyó una pista que utilizaba un sistema similar al anteriormente descrito, pero por el que circulaba únicamente un líquido refrigerante, aumentando el rendimiento del sistema. No es hasta dos años más tarde, cuando Thomas L. Rankin, un ingeniero de Chicago, patenta un sistema de enfriamiento que es el precursor de las pistas de hielo actuales.

Dicho sistema consistía en disponer unos tubos de refrigeración embebidos en una base compuesta por asfalto u hormigón al que se le añadían todo tipo de virutas metálicas, hierro en polvo, limaduras, etc, lo cual era suficiente para convertir la base firme en un buen conductor, con el objetivo de llevar el frío a la superficie y crear una capa de hielo con agua pulverizada sobre dicha superficie.

Hasta ese momento, la mayoría de las pistas se construían sobre una base nivelada con vigas de madera, encima de las cuales se colocaban los tubos de refrigeración. Más tarde, se cubría todo con arena y sobre esta, se colocaba una capa textil para después verter el agua que finalmente se enfriaría hasta solidificar. Por una parte, este suponía una clara desventaja sobre el nuevo modelo a base de

asfalto/hormigón y fragmentos, la instalación y todo el espacio que esta ocupaba, quedaba inservible durante una época del año, cuando las temperaturas eran demasiado altas como para mantener la pista en unas condiciones óptimas; pero por otra parte, los costes de construcción eran mucho menores en comparación con el nuevo sistema y además hacía posible el acceso a los tubos de refrigeración en caso de ser necesario debido a una posible avería. Las pistas construidas bajo el nuevo modelo, permitían darle otro uso distinto a la pista en los meses más cálidos del año, y tenían un rendimiento mucho mayor.

Sin embargo, no fue hasta 1917, cuando realmente se llevó a la práctica dicho sistema, en el Elysium Rink de Cleveland. Ello fue debido, a los diversos problemas que suponía la construcción de losas de hormigón de semejante tamaño y que llevó mucho tiempo resolver.



3. Elysium Rink, Cleveland. Primera pista de hielo construida sobre una base de hormigón permanente.

En Europa, todas las grandes ciudades querían tener su propia pista de hielo, pues se convirtieron en símbolo de vanguardismo y ostentación. Muestra de ello, son ejemplos como la construcción del *Palais de la Glace* de París.



4. Le Palais de la Glace en París en una foto actual.

En España, la primera pista de hielo que se construyó fue la de Madrid, existiendo todavía el edificio en el que se construyó. En la calle del Duque de Medinaceli números 2 al 8, se encuentra un edificio singular con mucha historia, el Antiguo Palacio de Hielo y del Automóvil, construido según el anteproyecto del arquitecto belga Edmon De Lune. En 1920 fue convocado el concurso para su edificación, según planos del citado arquitecto, por una sociedad anónima constituida en Bélgica por el financiero George Marquet, fundador entre otras cosas del cercano Hotel Palace.

La idea era, emulando a los palacios europeos, le Palais de la Glace de París, el Cristal Palace de Berlín... , ofrecer a las clases altas un lugar donde pudieran dedicarse a actividades de recreo como el patinaje, el baile... y contemplar exposiciones, entre ellas una permanente de automóviles, entonces al alcance de muy pocos.

Según los pliegos del concurso las cimentaciones serían de hormigón en masa, y los pisos y esqueleto del edificio de hormigón armado, una novedad en la arquitectura madrileña. Las fachadas, de piedra artificial, excepto los zócalos que se construirían en sillería. Entre 1920 y 1922 tuvieron lugar las obras dirigidas por los arquitectos Gabriel Abreu Barreda y Fernando García Mercadal.



5. Palacio de hielo de Madrid, 1922

El Palacio de Hielo abrió sus puertas al público el 30 de septiembre de 1922, la prensa hablaba del magnífico edificio y sus 85 metros de fachada de estilo renacimiento francés con admiración. Poco después fue inaugurado oficialmente, con la presencia del rey

Alfonso XIII. Tres puertas con bellas marquesinas de hierro y cristal sobre tres cuerpos más elevados que los dos cuerpos intermedios daban acceso al gran vestíbulo.

1.2 Vinculación deportiva.

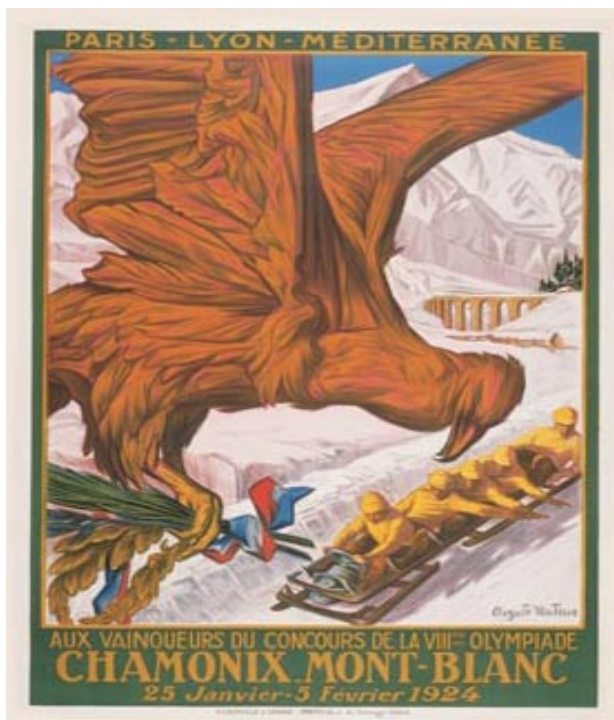
El desarrollo de los nuevos sistemas constructivos, junto con la posibilidad de crear pistas de mayores dimensiones, así como la considerable mejora de la calidad que sufrió la lámina de hielo, supuso la proliferación de un gran número de nuevas pistas alrededor de todo el mundo. Empezaron a aparecer las primeras pistas de uso recreacional, pero sobre todo, esa gran proliferación fue en pos de las nuevas posibilidades que ofrecían en el ámbito deportivo, haciéndolas mucho más accesibles que tal y como ocurría hasta aquel momento.

Deportes como el hockey, el patinaje artístico, el patinaje de velocidad o el curling, siempre habían estado condicionados por aspectos climáticos, de geolocalización o por la propia forma y el tamaño de las pistas, y nunca habían gozado de un seguimiento considerable. Pero con la introducción de las novedades comentadas, la situación sufre un giro. Tal es así, que el patinaje artístico, fue la primera disciplina deportiva propia de deportes de invierno, en ser incluida dentro del programa oficial de los Juegos Olímpicos.

La primera edición de los Juegos Olímpicos modernos se celebró en 1896, y a pesar de que se trató de incluir en dicha edición deportes como el patinaje o el hockey, la escasa atención que generaban y el reducido número de practicantes, sumado a la dificultad de introducir un evento de tales características en unos juegos de verano, acabó por descartar la opción. Relegados a un segundo plano, se celebraron en 1901 la primera edición de los denominados Juegos Nórdicos, promovidos por el General Sueco, *Viktor Gustaf Balck*. Tras la insistencia de este último, se consiguió que por primera vez, un evento de invierno, tuviese cabida en los Juegos de 1908 celebrados en Londres. Sin embargo, en la edición de 1912, fueron excluidos de nuevo, hasta

que finalmente se decidió introducirlos en la edición de 1916, con una semana dedicada únicamente a su realización, pero que en última instancia no se llevó a cabo por el estallido de la I Guerra Mundial.

Será finalmente en 1920 cuando el patinaje artístico vuelva a tener cabida en los Juegos. Por su parte, el hockey, que tanta difusión tuvo en los Estados Unidos y países escandinavos, se uniría también a la lista, junto con el patinaje de velocidad. En 1921, el COI decide recuperar la idea de dedicar una semana para el desarrollo de las pruebas de determinados deportes de invierno, la cuál se llevará a cabo en la localidad francesa de Chamonix en 1924. El éxito que supuso la experiencia, así como la continua expansión que seguían sufriendo estas disciplinas, conllevó la creación de los Juegos Olímpicos de Invierno, considerándose la primer edición la celebrada en Chamonix.



7. Cartel de los Juegos Olímpicos de Invierno de 1924, Chamonix.

El desarrollo y la posterior normalización (entendida como la creación de las normas que rigen el juego) de los distintos deportes que se desarrollan sobre una pista de hielo, trajo consigo la

implantación de una serie de normas que tienen que ver con las dimensiones y características técnicas que debe cumplir la pista para albergar cada una de las distintas disciplinas deportivas que se desarrollan sobre el hielo.



6. Ceremonia inauguración, pista patinaje de velocidad. Sapporo, 1972.

Tras las distintas incorporaciones y variaciones que han ido sucediendo desde las primeras ediciones de los Juegos Nórdicos hasta la actualidad, las disciplinas que se practican sobre una pista de hielo son:

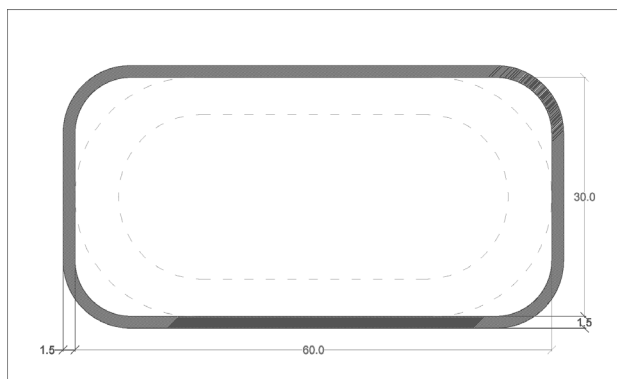
- Patinaje artístico
- Hockey sobre hielo
- Curling
- Patinaje de velocidad sobre pista corta
- Patinaje de velocidad sobre pista larga

1.3 Tipologías como resultado de las nuevas normativas.

La fijación de las normas técnicas que rigen cada deporte, supuso por otra parte el establecimiento de una serie de tipologías de pista, de manera que se simplificase el proceso de adaptación de cada uno de los deportes a la pista de la que se disponía para cada competición (durante las primeras competiciones que se realizaban, al no haber unas medidas "estándar", surgían problemas como por ejemplo la homologación de marcas). Se trataba de poder aprovechar una misma pista para el desarrollo de la competición de todas las disciplinas, de manera que se consensuaran las medidas mínimas

que debía tener una pista para poder albergar una competición. Esto último, no supuso un problema, ya que la práctica de los distintos deportes se llevaba a cabo en pistas de dimensiones mas o menos similares, a excepción del patinaje de velocidad sobre pista larga.

Así pues, se decidió establecer como estándar para las competiciones internacionales, unas medidas mínimas de pista de 60x30 metros, para la práctica del patinaje artístico, curling, hockey y patinaje de velocidad sobre pista corta. Por su parte, el patinaje de velocidad sobre pista larga, se celebraba sobre una pista similar en longitud a las pistas de atletismo, con 400 metros de largo en forma de óvalo.



8. Pista de medidas estándar 60x30 para la posible práctica de Hockey, patinaje artístico, patinaje de velocidad sobre pista corta o curling.

Con el continuo y rápido desarrollo que han sufrido los procesos constructivos desde mediados del siglo XX, y la inclusión de las nuevas tecnologías, la idea de construir únicamente una pista se abandonó rápidamente para la celebración de las grandes competiciones como los Juegos Olímpicos. Si bien es cierto que las medidas de las pistas se han mantenido, el acceso a estos nuevos métodos de construcción permitía construir varios pabellones para el desarrollo de cada uno de los deportes, algo que finalmente ha acabado por establecer una serie de tipologías de pabellones según su funcionamiento.

Además, en las últimas décadas, la aparición de las normativas técnicas relacionadas con la construcción, ha favorecido dicha diferenciación, con una serie de condicionantes ligados a aspectos

territoriales, de programa, funcionales... Por ejemplo, no será lo mismo proyectar un pabellón dedicado únicamente al desarrollo de entrenamientos o competiciones de ámbito local, que para el desarrollo de una competición de ámbito internacional, pues los espacios adyacentes que van ligados a cada uno, así como la funcionalidad de dichos edificios, poco tendrán que ver.

Es en este sentido, es en el que ha evolucionado la normativa en España, estableciéndose 4 categorías distintas según el futuro funcionamiento de la instalación.

2. Pabellones de hielo. Condicionantes: emplazamiento, programa y funcionalidad.

Hasta ahora, hemos hecho un breve repaso sobre cómo surge y cómo se desarrolla el concepto de las pistas de hielo, entendidas como un elemento que se construye, y su vinculación deportiva, sin pararnos a pensar cómo serán los edificios que albergarán dichas pistas. Por eso, entroncando más con el objetivo fundamental del trabajo, trataremos de describir cómo se llega a la tipología de pabellón de hielo que conocemos hoy en día, partiendo de una serie de condicionantes tales como el emplazamiento, el programa de necesidades o el funcionamiento que deben satisfacer este tipo de edificios.

Como ya se ha comentado, el avance en los nuevos sistemas constructivos y el progresivo desarrollo de las normativas de carácter edificatorio, ha supuesto que surjan una serie de tipologías de pabellones. Estas circunstancias no quedan limitadas únicamente a los pabellones de hielo, sino que puede asociarse también a otros ámbitos deportivos.

2.1 Normativa. La situación en España.

En España, la normativa que establece que pautas deben seguirse a la hora de proyectar una instalación deportiva son las normas N.I.D.E. (Normativa sobre instalaciones deportivas y para el esparcimiento). Dichas normas, son aplicables a todos aquellos proyectos y obras que se realicen total o parcialmente con fondos del Consejo Superior de Deportes y los proyectos y obras de instalaciones que se construyan para las competiciones oficiales regidas por la Federación Deportiva Nacional correspondiente.

En este sentido, teniendo en cuenta la vinculación competitiva que tendrán el tipo de pabellones que vamos a analizar, es oportuno entender el funcionamiento y como se ha llegado a la tipología actual de pabellones de hielo, desde la interpretación de las normas N.I.D.E

Las primeras versiones de dichas normas se redactaron en 1980 y 1985, y en los años 2002 y 2005 se realizó una actualización y ampliación parcial de

dichas normas. En el 2008 se introdujeron por primera vez las normas relativas a pabellones de hielo, con la última modificación hecha en el año 2012.

Las normas NIDE tienen como objeto definir las condiciones reglamentarias, de planificación y de diseño que deben considerarse en el proyecto y la construcción de las instalaciones deportivas y se componen de los dos tipos de norma siguientes:

-Normas reglamentarias (R): tienen por objeto establecer en los distintos deportes aspectos, aspectos tales como los dimensionales (p.e.: tamaño del campo), de trazado, orientación solar, iluminación, tipo de pavimento o superficie deportiva, material deportivo no personal, que influyen en la práctica activa del deporte o de la especialidad de que se trate. Estas normas constituyen una información básica para la posterior utilización de las Normas de Proyecto.

-Normas de proyecto (P): establecen las clases de instalaciones normalizadas, el ámbito de utilización de cada una, los usos posibles, los aspectos a considerar antes de iniciar el diseño de la instalación deportiva y un procedimiento para calcular las necesidades de instalaciones deportivas de una zona geográfica determinada. Además, definen las condiciones de diseño consideradas más idóneas en cuanto a establecer los tipos normalizados de instalaciones deportivas, definiendo los distintos espacios y dimensiones de esos espacios, así como las características funcionales y deportivas de los distintos tipos y de sus espacios.

Considerando las normas reglamentarias de las distintas disciplinas deportivas, se elaboró un listado de tipologías de pabellones con el objetivo de permitan la práctica del máximo número posible de los deportes o modalidades deportivas compatibles (en este listado quedan excluidos las grandes construcciones cubiertas útiles para el espectáculo no solo para deportes de hielo, sino también para otros deportes y para espectáculos culturales y recreativos):

- PABELLÓN PARA DEPORTES DE HIELO PDH-1: deporte recreativo y el deporte escolar. Permite la práctica de hockey sobre hielo y patinaje artístico para categorías infantiles (menores de 9 años) y el patinaje sobre hielo recreativo. Número de espectadores igual o inferior a 250.
- PABELLÓN PARA DEPORTES DE HIELO PDH-2: entrenamiento y competición de ámbito local y regional del deporte federativo, el deporte recreativo y el deporte escolar. Permite la practica reglamentaria de todas las disciplinas, excepto el Patinaje de velocidad. Número de espectadores igual o inferior a 500.
- PABELLÓN PARA DEPORTES DE HIELO PDH-3: entrenamiento y competición de ámbito regional y nacional del deporte federativo, el deporte recreativo y el deporte escolar. Permite la practica reglamentaria al máximo nivel de todas las disciplinas, excepto el Patinaje de velocidad en pista larga. Número de espectadores entre 500 y 2.000.
- PABELLÓN PARA DEPORTES DE HIELO PDH-4: entrenamiento y competición de ámbito regional y nacional del deporte federativo, el deporte recreativo y el deporte escolar. Permite la practica reglamentaria al máximo nivel de todas las disciplinas. Número de espectadores entre 500 y 5.000.
- PABELLÓN PARA CURLING (2 PISTAS) PC-2: entrenamiento y competición del deporte federativo en todos sus niveles, el deporte recreativo y el deporte escolar. Salas sociales para espectadores y deportistas para un número mínimo de 35 personas.
- PABELLÓN PARA CURLING (4 PISTAS) PC-4: entrenamiento y competición del deporte federativo en todos sus niveles, el deporte recreativo y el deporte escolar. Salas sociales para espectadores y deportistas para un número mínimo de 70 personas.

A pesar de la clasificación realizada, es deseable que se produzca la utilización de una misma pista para la práctica de diferentes deportes, y es por ello, que en la mayoría de los casos que se opta por construir un

pabellón para deportes de hielo, se decide construir un pabellón del tipo 2 o 3 , dependiendo siempre de una serie de condicionantes. Es por ello, que de aquí en adelante, trataremos de centrarnos en aquellos pabellones con una pista de 60x30m

2.2 Condicionantes territoriales y de emplazamiento.

La construcción de equipamientos deportivos, supone, no sólo la transformación espacial y visual que se produce en un emplazamiento determinado, cuando se construye el nuevo equipamiento, sino que es muy importante también (y más cuando son de una envergadura considerable), considerar la trascendencia que dichos equipamientos ejercen sobre el área urbana en la que se construyen. Ha de considerarse el equipamiento como un nuevo foco, capaz de transformar el comportamiento ciudadano de toda de toda una zona urbana o area de influencia.

Si nos referimos al caso de los Pabellones para deportes de hielo, en España es reducido el número de dichas infraestructuras debido a diferentes motivos, bien por factores climáticos que no favorecen la construcción de dichos equipamientos debido al enorme gasto que supone su mantenimiento, bien porque no existe una cultura arraigada a la práctica de dichos deportes. Sin embargo, la existencia en determinadas localidades de un equipamiento de este tipo, suele producir una serie de transformaciones importantes en el área de influencia donde se ubican.

Así, a la hora de considerar la construcción de esta clase de pabellones deportivos, es realmente importante realizar un estudio de viabilidad teniendo en cuenta las necesidades reales respecto de varios aspectos.

Por un lado, las necesidades de la población, existiendo unos requisitos básicos:

-Que la instalación de servicio a una localidad como mínimo de entre 20.000 y 50.000 personas.

-Que haya una densidad de 150 hab/km² en un radio de 12km.

Considerando además otros factores como tradición

de deportes de hielo en la zona, medios económicos, microclima del Área de influencia distinta al de la zona que lo circunda, pirámide de población, población turística complementaria a la residente en determinadas épocas del año, etc.

Por otra parte, han de considerarse también las necesidades desde el punto de vista del deporte federativo de competición, las cuales son de una singularidad tal, que resulta imposible traducirlas en un estándar urbanístico de metros cuadrados por habitante. Deberán tenerse en cuenta el número de federados, número de clubes deportivos que hagan uso de la instalación, número de horas que se puede usar la instalación... Como consecuencia de un estudio de dichas variables, se obtendrá el cálculo de los espacios útiles al deporte de competición en Pistas de Hielo.

Dada la escasez de pabellones para deportes de hielo en España, es todavía más importante tener en cuenta la existencia o no de una infraestructura de este tipo en el entorno próximo al área de influencia, ya que esta infraestructura podría dar servicio a dicho área, modificando las necesidades previstas.

2.3 Programa de uso y necesidades. Lógica de los pabellones.

Como ya se ha tratado previamente, uno de los factores más importantes que determinarán la viabilidad del proyecto, será conocer las necesidades del área de influencia, pero además a la hora de proyectar este tipo de edificios, será de vital importancia cumplir una serie de requisitos desde el punto de vista de la funcionalidad (entrando en juego el complejo programa de usos que llevan asociados los pabellones para deportes de hielo) y la sostenibilidad (tanto económica de la propia instalación, como medioambiental).

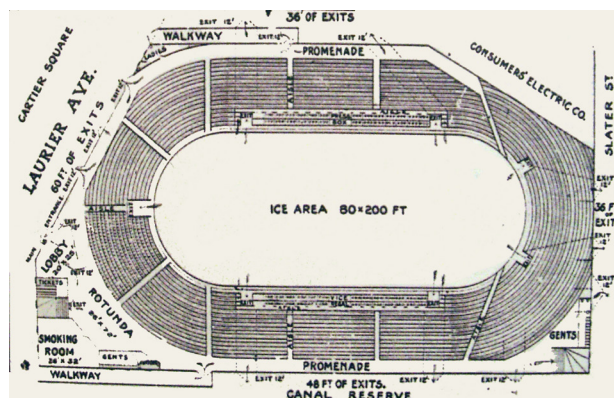
La construcción de este tipo de infraestructuras, supone una serie de problemas constructivos y técnicos debido a las especiales condiciones

climáticas/energéticas que el edificio debe cumplir, y a las que el arquitecto debe dar respuesta. Pero además, este último deberá resolver también la ardua tarea de articular el complejo programa de usos asociado a este tipo de equipamientos.

Aunque la normalización de un programa de usos para este tipo de edificios se ha establecido muy recientemente, la distribución de los mismos ha seguido siempre una línea muy similar en cuanto a su funcionamiento. Ello es debido en gran parte, a la escasa evolución que ha sufrido la lógica y el sentido de este tipo de pabellones.

Como se explicaba en el punto 1, las primeras pistas fueron construidas a principios del siglo XX por sociedades deportivas de hockey y patinaje. El objetivo era disponer de una pista fija donde desarrollar las actividades de entrenamiento y competición. Excepcionalmente, se construían algunas pistas para uso exclusivamente recreativo; lo normal ha sido disponer de una pista capaz de albergar competiciones deportivas, y disponer de un horario exclusivo al uso recreativo. Es por ello, que la lógica de funcionamiento no ha sufrido grandes variaciones.

Ya desde los primeros pabellones, se aprecia una lógica distributiva que hoy en día podemos seguir observando en este tipo de "arenas". Fue Estados Unidos, donde más rápidamente se extendió la construcción de pabellones para deportes de hielo, gracias a la fundación de la *National Hockey*



9. Planta del pabellón deportivo "Ottawa Arena", Ottawa 1907. Uno de los primeros pabellones deportivos con pista de hielo.

Association.

Aunque en un principio eran mas sencillos, la lógica de los pabellones era "asimilable" a la actual. El edificio se disponía únicamente en una planta, y normalmente, el acceso a la propia pista se hacía directamente desde la calle, sin existir vestíbulos o pasillos de acceso. Únicamente se disponía una separación entre la pista y el acceso, pues el objetivo era construir una estructura que pudiera albergar sólomente "lo necesario" para que se desarrollase la actividad. A lo largo de uno de los lados de la pista, se disponían una serie de espacios auxiliares que se podían identificar con los vestuarios (a modo de cabinas), enfermería y las salas de instalaciones. Si el pabellón constaba con graderío, este se disponía a nivel de pista, y tras este, los espacios auxiliares de cambiadores, enfermería, sala de instalaciones, sala fumadores, etc (figura 9).

Durante las primeras décadas de siglo, la disposición en una única planta no se vió alterada. Pero la transformación de los sistemas constructivos, y el manejo y dominio de nuevos materiales como el hormigón armado, ofrecían nuevas posibilidades al respecto. Pronto, la disposición de los espacios auxiliares y el graderío tomaría una nueva dimensión. El programa fue ganando en complejidad con la adición de nuevos usos auxiliares como salas de masaje, almacenes de material, nuevas salas de instalaciones, vestíbulos de acceso, circulaciones verticales. Dichos espacios seguirían ordenándose en torno a la pista, y sobre ellos, pasaría a situarse el graderío para los espectadores, aprovechando la posibilidad de crear mayores luces con el hormigón armado, y permitiendo reducir la superficie ocupada en planta, ordenando los espacios auxiliares debajo de los graderíos. Esta, será la distribución mas utilizada desde mediados de siglo XX hasta la actualidad, sufriendo únicamente variaciones a nivel de programa fruto de la adición de nuevos espacios.

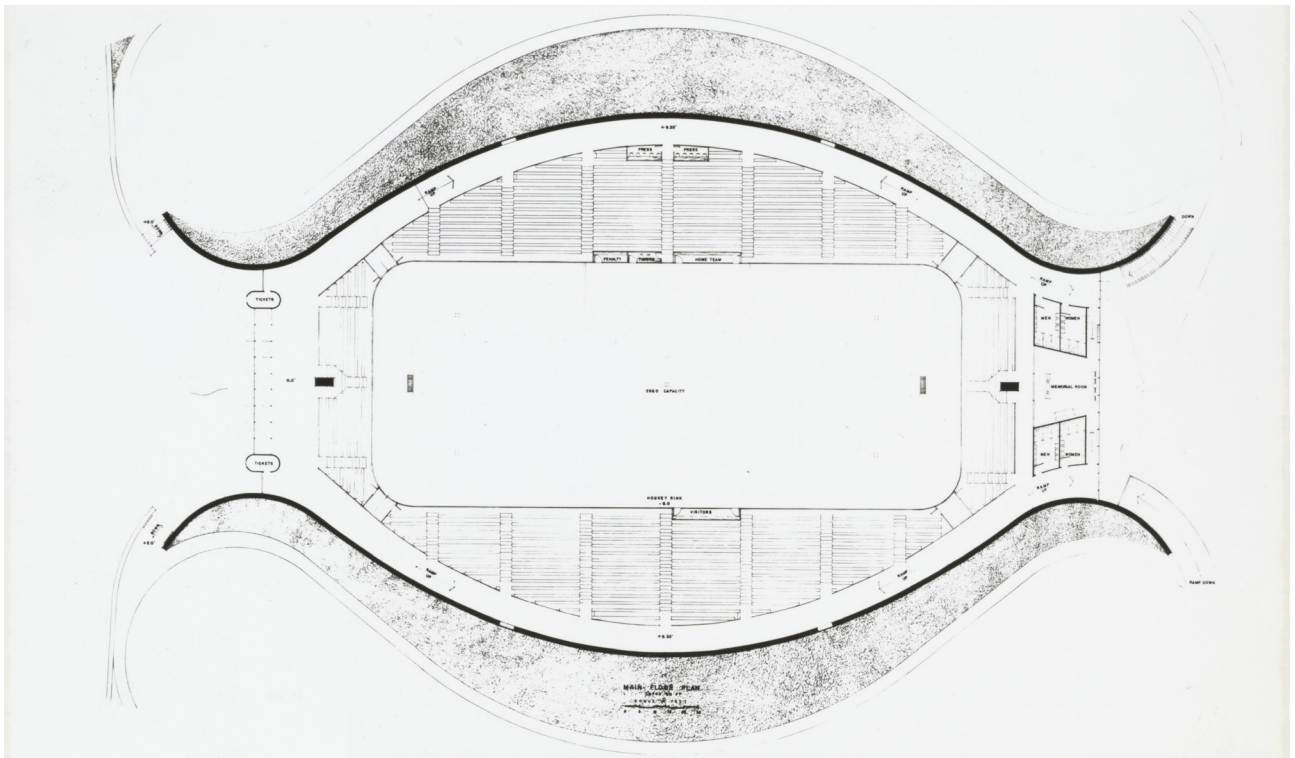
Uno de los pabellones para deportes de hielo mas icónicos, y que mejor representa esa evolución de distribución en varias plantas, es el

David S. Ingalls Skating Rink, del arquitecto finlandés Eero Saarinen (Ver figuras 10,11, 12 y 13), construido en 1958, y conocido como *Yale Whale*. Más allá de la excepcionalidad formal y constructiva de la obra, el edificio destaca por su simplicidad. El arquitecto aprovecha la morfología original del terreno para asentar la pista, que queda hundida en él. De esta forma, el acceso desde el nivel de calle se produce directamente al graderío a través de un vestíbulo, que por una parte descendiendo hasta alcanzar el nivel de la pista, y en los laterales asciende gracias a una ligera pendiente que le permite de esta forma aumentar su capacidad, y albergar los usos auxiliares bajo el mismo.

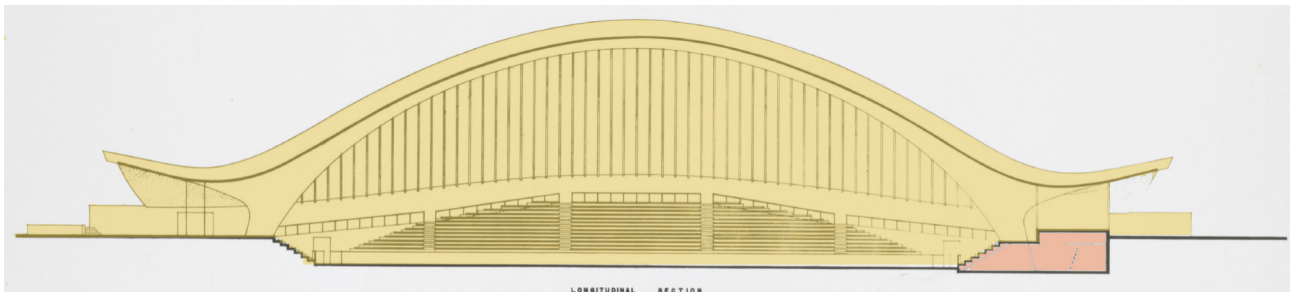
El programa de usos de este tipo de pabellones no ha sufrido grandes variaciones en los últimos años, mas allá de la adición de nuevos espacios, fruto de los requerimientos que exige la sociedad de hoy en día. Como consecuencia, la distribución tampoco ha evolucionado demasiado, manteniéndose la idea principal de aprovechar al máximo el espacio en planta que ocupan las gradas, para situar por debajo de ellas los distintos usos de carácter auxiliar que requieren hoy en día este tipo de equipamientos.

Como ejemplo de obra actual, se ha seleccionado el trabajo de los también finlandeses, *Berggen + Parkkinen*, ganadores de varios concursos a nivel internacional con dicho proyecto. Se trata de una rehabilitación + ampliación de un pabellón para deportes de hielo realizada entre los años 2009 y 2011 en Viena, Austria (ver figuras 14, 15, 16 y 17).

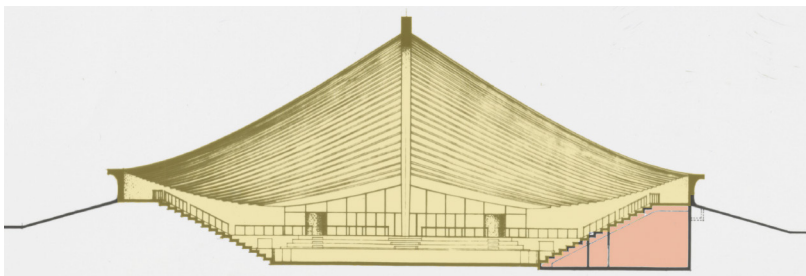
La obra consistía en la adaptación del edificio existente a las normas vigentes para poder albergar competiciones de nivel internacional, además de la adición de una nueva pista de entrenamiento. Los arquitectos llevan a cabo una ampliación de la capacidad de los graderíos (alanzando los 7.000 espectadores) además de la adición de otros usos auxiliares, como nuevos vestuarios, salas de autoridades, salas de masaje, zona de spa... La idea de superponer los espacios unos encima de otros se lleva al extremo, llegando a superponerse hasta cinco niveles distintos en altura.



10. Yale Whale, Planta a nivel de calle. Dibujo original del arquitecto Eero Saarinen, 1958.

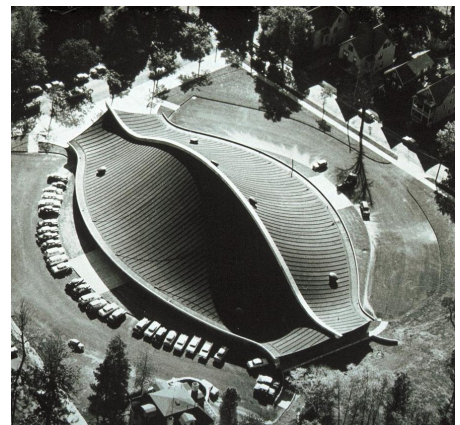


11. Yale Whale, Sección longitudinal. Dibujo original del arquitecto Eero Saarinen, 1958.

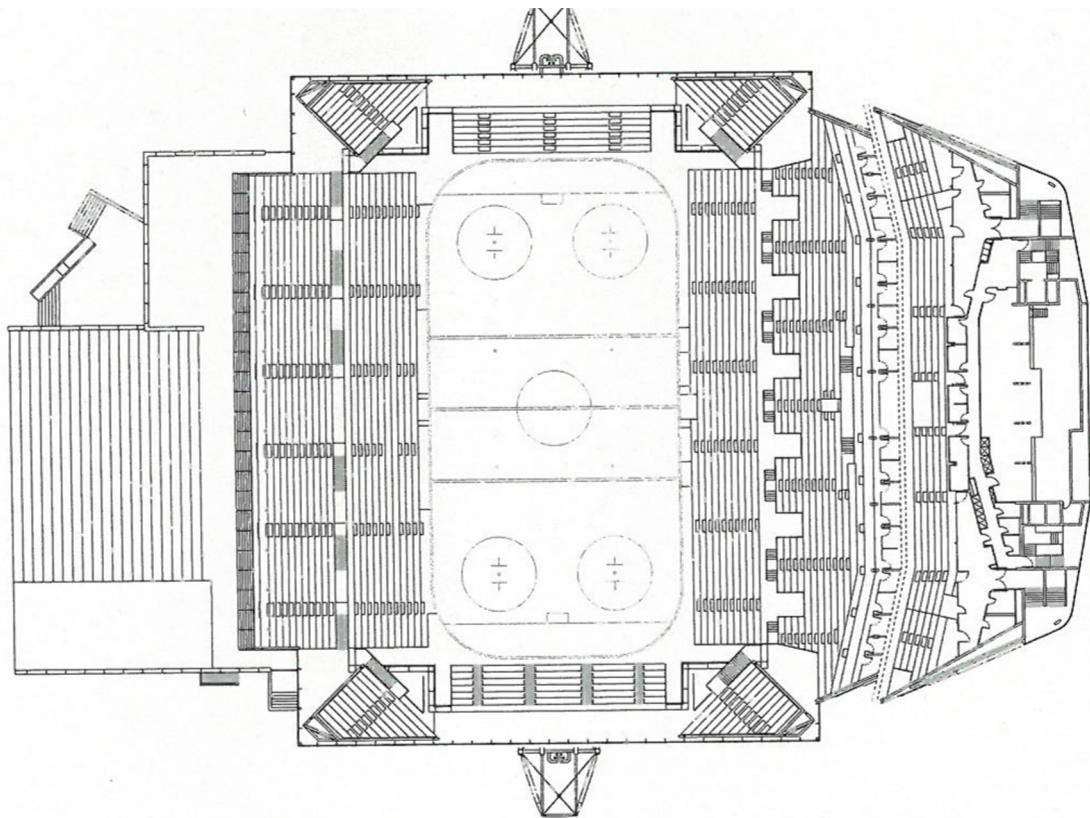


12. Yale Whale, Sección transversal. Dibujo original del arquitecto Eero Saarinen, 1958.

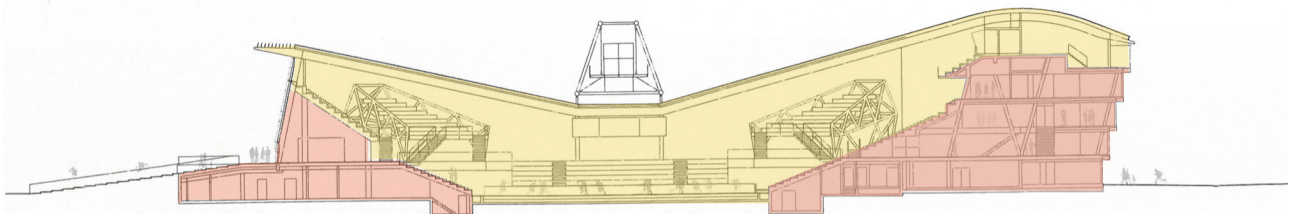
Como se ve en los dibujos del propio arquitecto, el espacio situado debajo de los graderíos se aprovecha para disponer los espacios auxiliares del edificio, tales como vestuarios, salas de instalación, enfermería.



13. Vista aérea del edificio



14. Pabellón para deportes de hielo en Viena, Bergen + Parkkinen. Planta desde el último nivel.



15. Pabellón para deportes de hielo en Viena, Bergen + Parkkinen. Sección transversal principal.



16. Graderío. Superposición de los espacios a distintos niveles.



17. Vista del vestíbulo en planta baja con acceso a espacios de uso auxiliar.

Además de los nuevos sistemas constructivos, y los avances tecnológicos en el campo de los materiales, otro de los factores que también ha contribuido a la segregación de espacios, es la lógica de funcionamiento de los pabellones.

En España, con la última actualización de la normativa en 2012, los distintos espacios que componen el programa de necesidades han quedado clasificados de la siguiente manera:

- En primer lugar, aparecen los Espacios Útiles al Deporte (EUD), que en el caso de los pabellones para deportes de hielo, se corresponde a la pista de hielo propiamente dicha. La pista deberá cumplir con una serie de requisitos mínimos, como son las dimensiones y la altura libre sobre la pista. Actualmente en España, todas las pistas que existen son pertenecen a los tipos PDH-1, PDH-2 o PDH-3. Dichas pistas varían en unos dimensiones mínimas que van desde los 56 a los 60 metros de largo por los 26 a 30 de ancho. Por su parte, todas ellas deben tener una altura mínima de 6 metros.
- Espacios Auxiliares a los Deportistas (EAD). Son los espacios ligados al desarrollo de la actividad deportiva y dependen del número de pistas y el tipo de uso (recreativo, entrenamiento, competición...) de éstas mismas. Se trata de espacios tales como: vestuarios, enfermería, vestíbulos de acceso a pista, aseos, sala musculación, etc.
- Espacios Auxiliares Singulares (EAS). Dependerán del número de espectadores previstos y del nivel de las competiciones deportivas a albergar. Algunos de estos espacios comprenden la sala de prensa, gradería de autoridades, graderío de prensa, salas de reuniones, aseo autoridades, sala de autoridades, salas instalaciones, etc.
- Espacios Auxiliares para los Espectadores (EAE). Se complementan con los espacios útiles al deporte, dependiendo del tamaño de estos mismos, y comprenden usos tales como: graderío espectadores, control de acceso, taquillas...

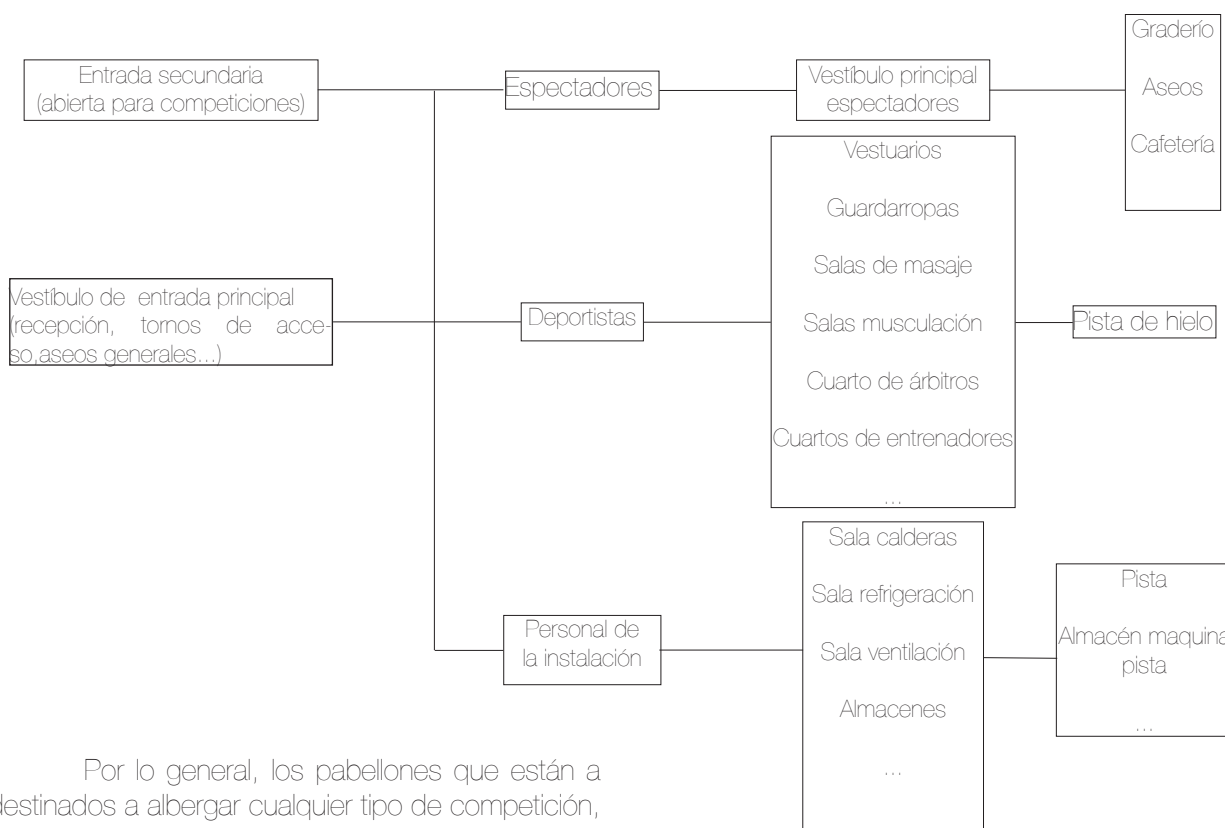
En relación con la clasificación aquí hecha, en el siguiente capítulo del trabajo, se analizará

mas a fondo, aquellos espacios y elementos que mas influyen en la caracterización y diseño de este tipo de pabellones, como son por ejemplo la pista, el graderío, los cerramientos... Pero también, habrá que destacar otros espacios, que si bien a nivel de funcionamiento interno no tienen tanta influencia, pero que a nivel de programa tienen un gran peso, debido a la amplia superficie que debemos reservar para ellos, como es por ejemplo el espacio destinado a albergar las instalaciones, que en este tipo de pabellones acostumbra a ser bastante grande.

El diseño de equipamientos deportivos, debe ir orientado siempre a facilitar el desarrollo de la actividad deportiva. La distinta naturaleza de cada disciplina, lleva asociados una serie de protocolos/rutinas/hábitos, que en última instancia han terminado por influir en el diseño de las distintas instalaciones deportivas. Así, no será lo mismo diseñar un polideportivo para la práctica del balonmano, que para el desarrollo de un partido de tenis, ni será lo mismo un polideportivo dedicado al deporte base y de uso recreacional, que uno dedicado al deporte de alta competición.

En el caso de pabellones que estamos tratando, la lógica de funcionamiento de los espacios que se acaban de enumerar, también interfiere en el diseño de los mismos. Y aunque hasta recientemente, no existían unas normas que especificasen concretamente donde debía ir cada uno de los espacios que componen el programa, es evidente que la articulación de los mismos juega un papel determinante en el buen funcionamiento de la instalación y el bienestar de los usuarios. Así, analizando las plantas de distintos pabellones, se pueden identificar una serie de patrones que se repiten en todos ellos.

En este sentido, se ha elaborado un esquema de funcionamiento "tipo", a base del estudio del funcionamiento de varios ejemplos, que podría aplicarse a la mayoría de pabellones, aunque es evidente que dicho esquema puede sufrir variaciones, en función del proyecto.



Por lo general, los pabellones que están a destinados a albergar cualquier tipo de competición, acostumbran a tener dos o mas entradas. En el caso de pabellones de hielo ocurre lo mismo, funcionando de la misma manera que lo hacen otras instalaciones de uso competitivo.

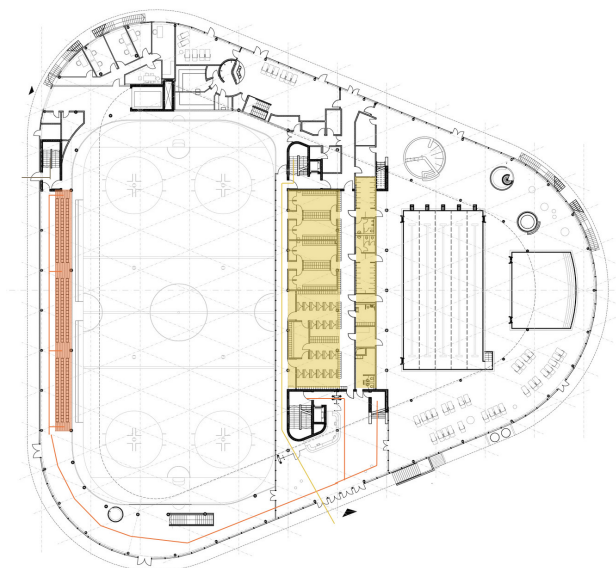
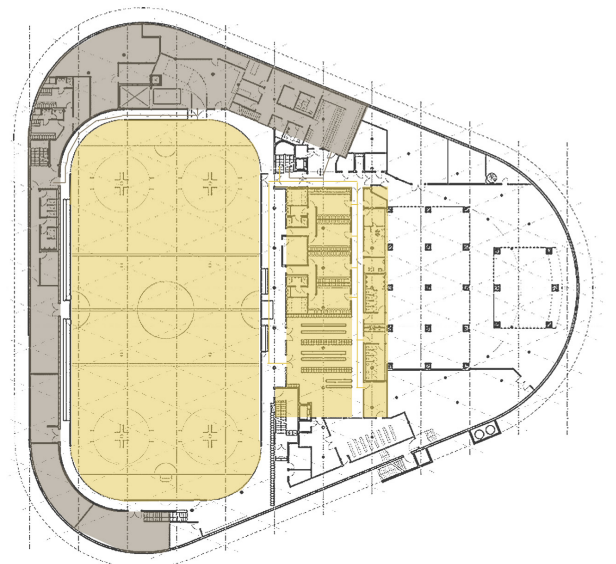
La entrada principal será la que permanecerá abierta cuando no haya competiciones u otro tipo de actividades similares. Por dicha entrada accederán todas las personas que acudan a la instalación. En el vestíbulo de entrada, aparecen varias circulaciones: la de los deportistas, que a través de un pasillo o vestíbulo accederán al área donde se encuentran todos los espacios auxiliares a los mismos; la circulación correspondiente al personal de mantenimiento, que puede coincidir o no con la de los deportistas ; y la circulación del público, que tomará otro camino en dirección a un vestíbulo que dará acceso a las gradas, cafetería (si la hay), aseos, salas multifuncionales...

La entrada secundaria quedará destinada a su uso para ocasiones especiales, como

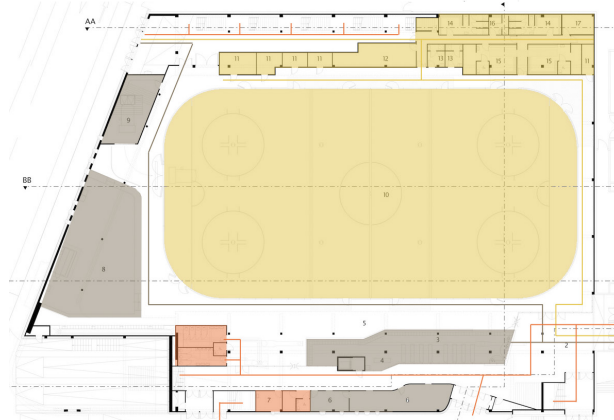
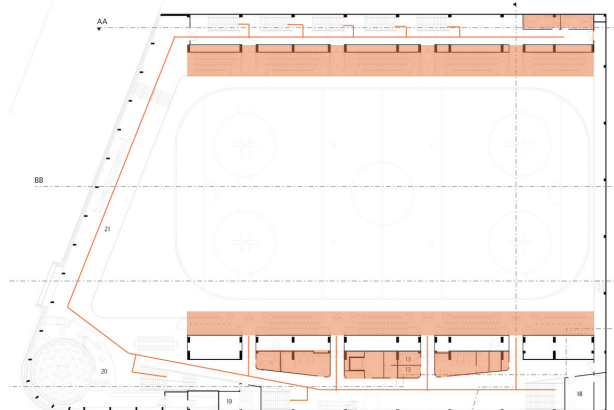
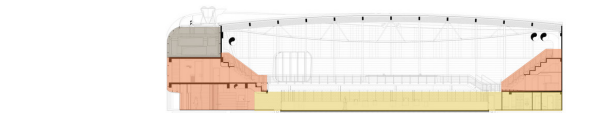
pueden ser competiciones o exhibiciones. A través de ella accederá el público que llegará al vestíbulo que da acceso a las gradas y el resto de espacios auxiliares a los espectadores. Esta restricción de uso suele llevarse a cabo en la mayoría de instalaciones de uso deportivo competitivo. Ello es debido a que la afluencia de personas que acceden a dichas instalaciones en los horarios de apertura normal es mucho menor en comparación con la afluencia de personas que acude a ver la competición.

En las imágenes 18 y 19, se muestran las plantas y secciones de dos de los ejemplos estudiados, donde se marcan las circulaciones y los diferentes espacios en función de su utilización.

Por su parte, en cuanto a la distribución de los espacios, los dos casos siguen las líneas generales que ya se han comentado previamente. La pista funciona como eje vertebrador del proyecto, disponiéndose en torno a ella los espacios auxiliares a los



18. Pista de hockey y piscina, Schultz Architekten, Colonia 2012, Alemania.
deportistas, así como las salas de almacén de material o el cuarto de máquinas pulidoras de hielo. Las gradas se disponen también en torno a la pista, pero a otro nivel, de manera que se produce esa segregación de espacios de la que ya hemos hablado, permitiendo organizar las circulaciones de una manera mas sencilla.



19. Ice Rink of Liège, L'Escaut Architectures + BE Weinand, Liège 2012.

- Deportistas
- Espectadores
- Personal de la instalación

3. Tecnología y construcción. Componentes fundamentales de un pabellón para deportes de hielo.

Habiendo explicado previamente que tipos de usos van asociados a esta clase de equipamientos deportivos, pasamos a continuación a realizar un análisis más detenido, de cuáles son los componentes fundamentales de los pabellones para deportes de hielo desde un punto de vista más constructivo.

3.1 La pista de hielo

Siendo la lógica de este tipo de edificios la de la práctica de deportes sobre hielo, consideraremos la pista como el elemento principal a tratar, debiendo cumplir una serie de condiciones específicas, tanto desde el punto de vista formal como constructivo.

El acceso a la pista de hielo deberá realizarse desde los vestuarios y desde el espacio para calzado de patines (uso recreativo), y los vestuarios deben situarse, preferentemente, al mismo nivel de la pista.

En el perímetro de la pista (excepto en las pistas de Pabellones de curling) debe disponerse una valla perimetral, paneles protectores transparentes (hockey sobre hielo) y redes de protección (hockey sobre hielo) y acolchado perimetral protector (patinaje de velocidad) según las Normas Reglamentarias correspondientes a cada modalidad. Para permitir el acceso de las máquinas pulidoras del hielo u otro tipo de maquinaria a la pista, los elementos de proyección deberán ser móviles o desmontables en una anchura de al menos 2,5 m.

Alrededor de la pista de hielo existirá una banda exterior para paso que tendrá un ancho mínimo de 1,50 m y el pavimento de esta banda, donde se pase con patines, deberá ser de material apropiado a las cuchillas de forma que ni se deteriore ni las deteriore. Por su parte, los paramentos interiores de la pista serán de color claro con coeficientes de reflexión de la luz igual o superior a 0,40 y sin brillos.

Hemos dicho, que la pista es el elemento principal a tratar en esta clase de edificios, pero siendo más concretos, toda la atención se centra en un único

componente y en su mantenimiento y conservación, la superficie de hielo. Todas las instalaciones del edificio, tienen la función de que la superficie de hielo se mantenga en unas condiciones óptimas para el desarrollo de la actividad deportiva.

Es imprescindible mantener los parámetros de espesor y temperatura del hielo de la pista así como la temperatura y humedad del aire, para no aumentar innecesariamente el gasto energético de la instalación. En la clase de pabellones que estamos tratando, los cuales estarán capacitados para el desarrollo de todas las disciplinas (a excepción del patinaje de velocidad en pista larga), la superficie de hielo deberá tener un grosor que variará entre los 4-5cm (curling) y 3-4cm (resto de disciplinas). En este sentido, para que dicho grosor se mantenga, es vital mantener una temperatura en pista de $-3/-5^{\circ}\text{C}$.

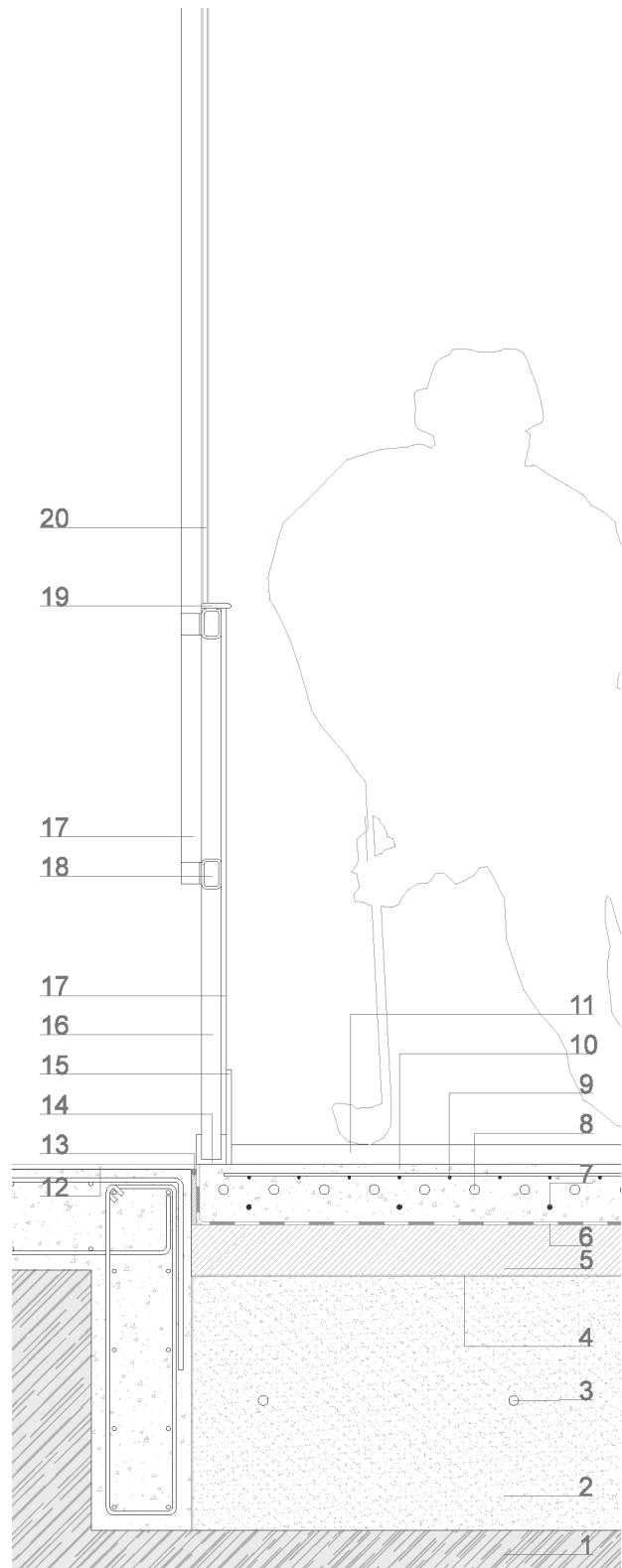
Tal y como comentábamos en el punto 1 del trabajo, el sistema de construcción de la pista ha sufrido un proceso de transformación, hasta perfeccionarlo al nivel que hoy en día tenemos. Dicho sistema se compondrá de abajo hacia arriba, de las siguientes capas:

- Una capa de gravas y/o arenas compactadas que será la base y que descansa sobre el terreno. En esta capa debe incluirse una red de tuberías de calefacción para evitar la producción de escarcha en esta capa.
- Barrera de vapor.
- Doble capa de aislante térmico con un espesor de 10 cm y con buen grado de resistencia a compresión para soportar el peso de la losa de hormigón, el hielo y los patinadores.
- La red de tuberías de refrigeración para congelar el agua y mantener el hielo a la temperatura requerida. Las tuberías se tienden en forma de U en el interior de una losa de hormigón armado o de una capa de arena, se colocan directamente o mediante carriles de apoyo. Las tuberías de refrigeración pueden ser metálicas o de material plástico, se colocan a una profundidad entre 2 y 3 cm y con una separación entre los centros de ellas de 7,5 a 12,5 cm. Las tuberías de la pista

se conectan a las redes principales de distribución a través de un colector que recorre el lado corto o el largo de la pista por el exterior y que debe ser registrable para facilitar las operaciones de mantenimiento y las reparaciones en caso de avería (fugas).

A continuación se muestra un detalle constructivo de como es la sección "tipo" de una pista para deportes de hielo, que permite la práctica de todas las disciplinas deportivas para una pista de medidas estándar de 60x30 metros.

1. Terreno compactado.
2. Arena compactada 50cm.
3. Tuberías de calefacción para proteger de la congelación, separación 50 cm.
4. Barrera de vapor.
5. Doble capa de aislante térmico 10cm, resistente a compresión.
6. Impermeabilizante.
7. Armadura de refuerzo.
8. Tubos de refrigeración, colocados a una distancia de 7.5 a 12.5cm y a una profundidad de 2-3cm.
9. Mallazo solera.
10. Solera armada con sistema de refrigeración a base de tubos.
11. Superficie de hielo. Espesor en función de la modalidad a desarrollar.
12. Pavimento continuo de PVC encolado sobre soporte resistente.
13. Junta de dilatación + sellado.
14. Perfil metálico en U, atornillado a solera.
15. Zócalo, altura 15-25cm. desde la base de la solera. Anclado mediante remaches por parte exterior.
16. Subestructura de valla perimetral. Perfil metálico 40x60 dispuesto verticalmente.
17. Panel valla perimetral. Anclado mediante remaches por parte exterior. Altura mínima 107cm desde la superficie de hielo.
18. Subestructura de valla perimetral. Perfil metálico 40x60 dispuesto transversalmente.
19. Remate valla perimetral, en color azul.
20. Panel protector transparente + lámina de neopreno + chapa sellante en juntas. Sujeto en las juntas a la subestructura metálica mediante remaches sobre la chapa de remate. Únicamente para el desarrollo del hockey hielo. Altura variable según la zona de la pista, desde 180-240cm.



20. Sistema constructivo "tipo" para pistas de hielo, escala 1:15

3.2 Cerramientos del edificio y cubierta.

Ya hemos señalado el hecho de que es imprescindible mantener los parámetros de espesor y temperatura del hielo de la pista así como la temperatura y humedad del aire, para no aumentar innecesariamente el gasto energético de la instalación. Dichos requerimientos se conseguirán con un óptimo diseño de las instalaciones de refrigeración y calefacción, junto con los sistemas de re-aprovechamiento inteligente de la energía. Pero sobre todo, la sostenibilidad de la instalación se conseguirá mediante el diseño óptimo de los cerramientos del edificio. Dado el alto consumo energético que supone mantener las condiciones adecuadas de humedad y temperatura que requieren este tipo de edificios, el diseño de los cerramientos jugará un papel vital.

A efectos térmicos, un pabellón para deportes de hielo se divide en dos zonas:

- La pista de hielo: se requerirá una temperatura del aire a 1,5 m de la superficie de hielo, generalmente de 6° C.
- Resto de espacios: que requerirán ser climatizados ó calefactados (vestuarios, oficinas, etc.) de 18°C a 20°C.

Para controlar las temperaturas en la pista de hielo, independientemente de la temperatura exterior, es necesario reforzar el aislamiento térmico de paredes y techos de la misma y a la vez disponer de una correcta ventilación mecánica. No es apropiado colocar en la pista de hielo grandes superficies acristaladas en paredes y / o techos por las pérdidas térmicas que originan, el riesgo de condensaciones y el elevado coste de construcción y de explotación para solventar esos problemas.

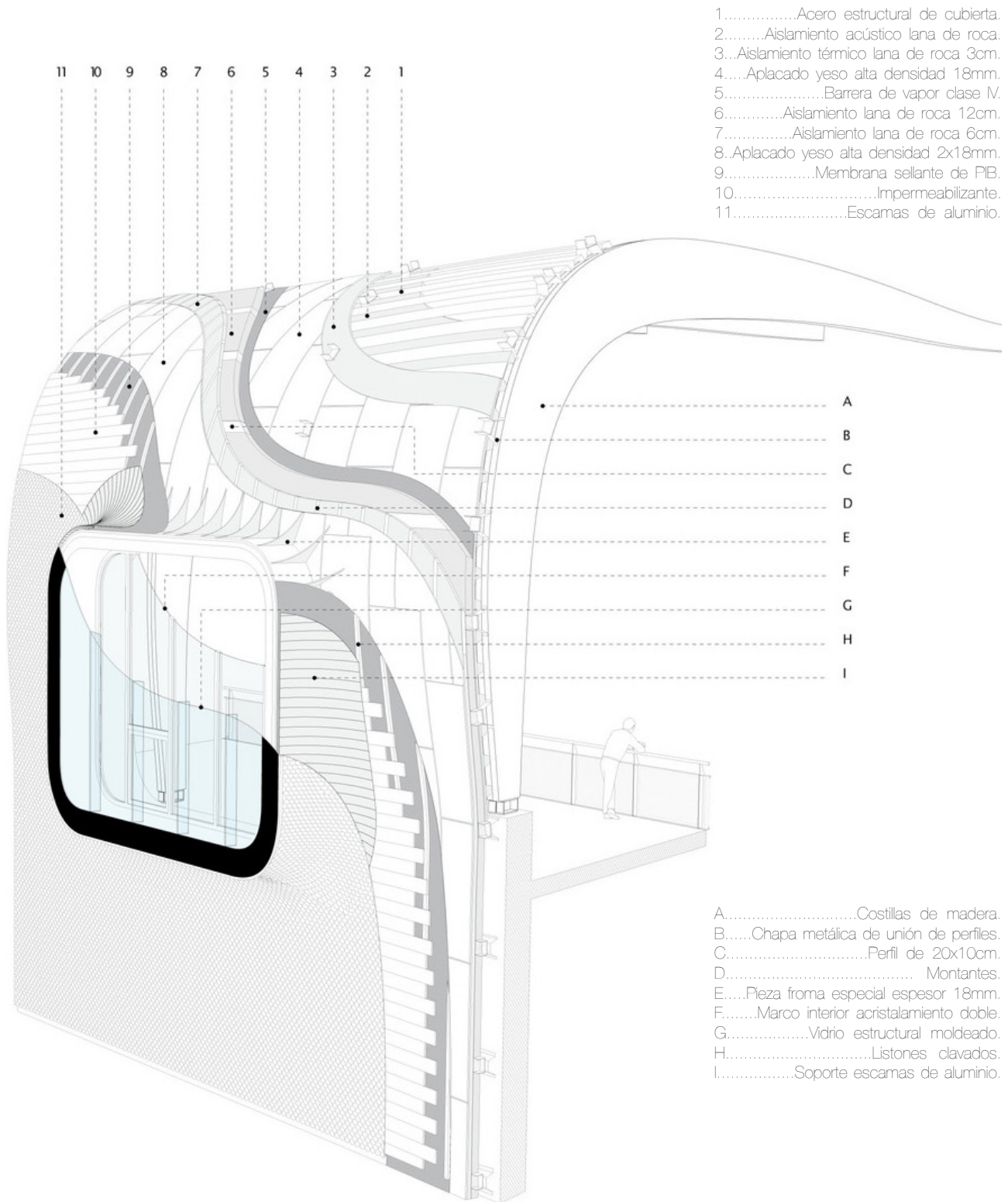
En este sentido, resulta interesante analizar un ejemplo bastante reciente, que ha ganado varios concursos a nivel internacional, precisamente por el sistema constructivo que adopta para fachadas y cubierta. Se trata del *Pabellón de Hielo de Liège*, en Bélgica, diseñado por el equipo de arquitectos conformado por los estudios L'Escaut Architectures + BE Weinand.

Es importante entender como este proyecto surge desde la propia identidad del lugar donde se emplaza, hasta llegar al detalle constructivo que adquiere el edificio, en un proceso donde proyecto y construcción van ligados desde el primer momento, manifestándose el uno a través del otro.

El proyecto se localiza en la ciudad de Liège, en una zona central de la ciudad que durante el siglo pasado fue el polo industrial de dicha localidad. Ahora, dicha zona está sufriendo una reconversión urbana en forma de espacios públicos y zona comercial, y es donde el proyecto se emplaza, heredando una serie de constantes que hace suyas, calificando su autonomía. Desde fuera, la forma del edificio recuerda a la de una orca, y una textura metálica recorre toda la fachada en reminiscencia al pasado industrial de la zona y dando una imagen de unicidad al proyecto. La fachada es completamente opaca, a excepción de la *bay window* que se abre al exterior en forma de ojo. En palabras de los arquitectos: *"Mientras que esa opacidad es esencial para conseguir aislar el edificio y mantener las condiciones de temperatura y humedad requeridas en el interior, es su cuerpo entero, por su naturaleza, su material y su forma, el que trata de mantener una relación con el entorno. Este « mamífero público », encallado en una escena dedicada a los consumidores públicos, juega con el brillo de su piel metálica y el resplandor de su interior blanco, para atraer a los ciudadanos e invitarles a patinar."*

Gracias a su diseño piel exterior, alcanza un nivel de aislamiento K22, similar al necesario para obtener el estándar *PassivHaus*.

A diferencia de lo que ocurre con el sistema constructivo para las pistas de hielo, no existe un sistema constructivo de cerramientos "tipo" para los pabellones de este tipo. Sin embargo, el sistema empleado sí que deberá cumplir con las exigencias del DB-HE. En ese sentido, se ha creído conveniente citar el ejemplo empleado debido a su alto grado de aislamiento. A continuación, se muestra una perspectiva del sistema constructivo empleado en los cerramientos de dicho ejemplo.



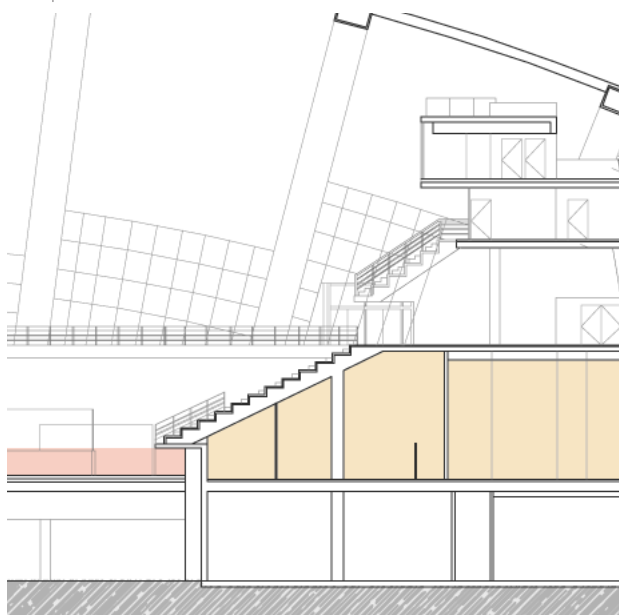
21. Composición de fachada metálica exterior de aluminio con índice de aislamiento K22.

3.2 Graderío.

Otro de los elementos característicos en el tipo de pabellones que estamos analizando, es el graderío. Teniendo en cuenta que la capacidad de dichos pabellones varía desde los 2000 a los 5000 espectadores, las gradas, toman una importancia considerable dentro del proyecto.

Ya se ha hablado de la relación que tiene este elemento con los espacios auxiliares a los deportistas, y como ha ido ganando en complejidad con el crecimiento del programa de usos y necesidades.

Por lo general, el sistema constructivo del mismo, así como su forma y aspecto, varían en función de cada proyecto, quedando a criterio del arquitecto el diseño final del mismo. A pesar de ello, suele utilizarse un sistema tradicional de vigas y pilares, debido a que las luces a cubrir no son excesivamente grandes, pues los espacios que se disponen bajo los mismos (vestuarios, aseos, salas de masaje, etc), no las requieren. En este sentido, suelen disponerse vigas longitudinales sobre pilares, y descansando en estas primeras, graderíos que normalmente suelen ser prefabricados.



22. Pabellón de Hielo de Jaca, sección por el graderío.

3.4 Otros espacios y elementos singulares.

A pesar de que el programa de usos y necesidades de los Pabellones para deportes de hielo comprende otros espacios y elementos importantes, resulta difícil realizar una generalización sobre otros distintos a los ya tratados. Por ejemplo, si que podemos hablar de donde se ubican los vestuarios, aseos, almacenes, etc, pero difícilmente podremos establecer analogías o diferencias de manera generalizada, respecto al sistema empleado en la construcción de dichos espacios.

Sin embargo, cabe destacar un aspecto que si es común a todos los edificios de esta clase, y es, el peso que las salas y espacios dedicados a las instalaciones, tienen sobre la superficie total de del tipo de pabellones que aquí se trata. Es normal que en los edificios/equipamientos deportivos, la superficie dedicada a albergar los sistemas de instalaciones tenga un tamaño considerable, pues la dimensión de los espacios que deben acondicionar, es bastante grande.

En los pabellones dedicados a albergar pistas de hielo, este hecho se hace todavía mas grande, debido a las especiales prestaciones de humedad y temperatura que deben mantenerse en su interior. En este sentido, la proporción de espacio dedicado a los sistemas de acondicionamiento del edificio, suelen ronda 1/4 parte del total, siendo mayor en la mayoría de los casos. Es por ello, que a la hora de diseñar este tipo de edificios, habrá de tener en cuenta dicho hecho. Por lo general, la concentración de todas las salas y espacios de instalaciones en un mismo bloque dentro del edificio, colabora en un mejor funcionamiento, no sólo programático, sino también desde el punto de vista del rendimiento de las propias instalaciones.

4. Sistemas de instalaciones. Sostenibilidad y eficiencia energética.

El diseño de un Pabellón para deportes de hielo es completamente diferente al de otros tipos de pabellones deportivos. Las temperaturas a mantener varían notablemente, desde los $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$ en la superficie de hielo, los $10\text{ }^{\circ}\text{C}$ en la sala donde se encuentra la pista de hielo, a los $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ en vestuarios, oficinas, vestíbulos de acceso, etc. La humedad del aire interior unido a la baja temperatura de ese aire puede provocar condensaciones de vapor de agua, que ocasione corrosión en los elementos y en las estructuras metálicas, degradación en los elementos y en las estructuras de madera, crecimiento de hongos y mohos en paramentos y problemas en la calidad del aire interior (hongos, mohos). Es, por tanto, necesario proyectar unas instalaciones apropiadas para controlar el clima interior en el Pabellón para deportes de hielo y que dichas instalaciones dispongan de una tecnología apropiada para reducir, en la medida de lo posible, el consumo de energía para lograr mantener esas condiciones ambientales (por ejemplo, la incorporación de sistemas de captación y transformación de energía solar por procedimientos fotovoltaicos u otras fuentes de energía renovables). Es de obligatorio cumplimiento en este tipo de infraestructuras, la contribución fotovoltaica mínima de energía eléctrica en pabellones a partir de 3.000m^2 construidos, considerados como centros de ocio, de acuerdo con el CTE HE 5.

En este sentido, deberá tenerse en cuenta en el diseño un consumo energético eficiente y limitado, así como la utilización de energías renovables (solar, eólica, biomasa, hidráulica, geotérmica, etc.) para dicho consumo energético de la instalación deportiva (por ejemplo, instalación de colectores solares para producción de agua caliente sanitaria).

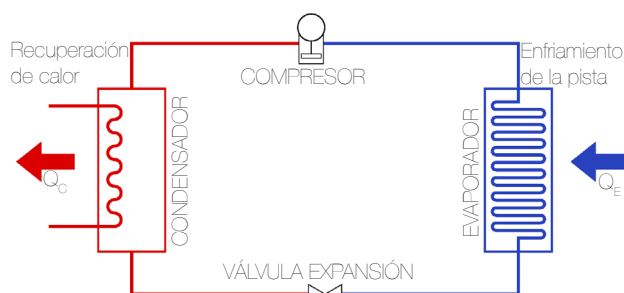
Otras serie de consideraciones importantes que entroncan con lo anterior y que se deben tener en cuenta a la hora de diseñar este tipo de equipamientos e instalaciones, que deberán ser duraderos y su coste de conservación y mantenimiento será siempre el mínimo posible. Además, deberá considerarse un uso racional del agua reduciendo su consumo

mediante los medios y soluciones técnicas necesarias, e impidiendo la emisión de materias contaminantes al aire o a las aguas.

4.1 Sistema de refrigeración

En el punto 3.1 del trabajo, ya se ha hecho referencia a la condición imprescindible de mantener los parámetros de espesor y temperatura del hielo de la pista, para no aumentar innecesariamente el gasto energético de la instalación. Los dos parámetros se encuentran intrínsecamente relacionados, de manera que para mantener el espesor idea de la capa de hielo, es imprescindible mantener la temperatura en pista entre -3 y $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$, siendo el encargado de dicha tarea el equipo de refrigeración.

El equipo de refrigeración producirá y mantendrá el hielo de la pista, siendo por tanto fundamental la calidad en el diseño y la ejecución de esa instalación. La planta de refrigeración generalmente funciona con electricidad, siendo la principal consumidora (aproximadamente 50%) de la energía que necesita una pista de hielo, por lo que la eficiencia energética de la misma es muy importante. El sistema de refrigeración incluye el compresor, el condensador, el evaporador y las tuberías de la pista. El calor de la pista es absorbido por el evaporador y las tuberías de la pista; el compresor eleva la presión y la temperatura del refrigerante; mediante el condensador se quita el calor del refrigerante. El calor obtenido del condensador puede ser utilizado para el calentamiento de las instalaciones del Pabellón (calefacción, ACS, etc.) con el consiguiente ahorro de energía, así como para la calefacción de la capa de gravas/arenas bajo la pista para evitar la formación de escarcha.



23. Esquema transferencia de calor, sistema de refrigeración.

El calor no aprovechado de los condensadores, es necesario disiparlo enfriándolos, en muchos casos con agua. Cuando se utilicen torres de refrigeración para ello, se cuidará especialmente de evitar la emisión de vapor de agua que pueda contener microorganismos provenientes de los depósitos de agua de dichas torres.

Una de las medidas de ahorro que se puede introducir en el sistema de refrigeración, es disponer de dos compresores para que se pueda desarrollar un uso mas flexible del mismo. Aunque en un principio el coste de la instalación es mayor, el ahorro que supone a medio/largo plazo hace que sea una opción a considerar en el diseño de la misma. Por otro lado, en el caso de aprovechamiento de fuentes de calor residuales tipo térmico (temperatura superior a 80°C) es recomendable instalar equipos de refrigeración por absorción en sustitución de los compresores de las instalaciones frigoríficas convencionales.

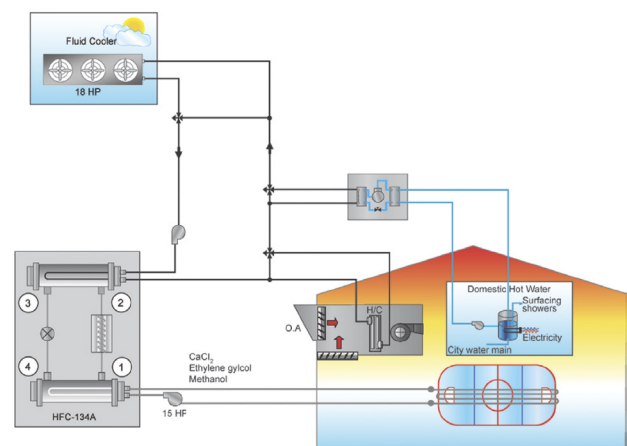
Realizando una búsqueda a través de la web, se pueden encontrar numerosos sitios especializados en sistemas de refrigeración para pistas de hielo. Llama la atención un estudio realizado por el propio departamento de recursos naturales de Canadá, *Department of Natural Resources* titulado "Comparative study of refrigeration systems for Ice Rinks", donde se realiza un análisis comparativo de todas las variables distintas de sistemas de refrigeración, enumerando los pros y los contras de cada uno de los sistema sobre los demás.

La normativa en España, restringe a dos, el número de sistemas posibles por los que optar a la hora de diseñar la instalación, pudiendo diferenciar:

- Sistema directo: las tuberías de refrigeración de la pista funcionan como evaporador. El evaporador del circuito primario está directamente en contacto con el medio a enfriar o acondicionar. Fig. 23
- Sistema indirecto cerrado: es el mas general, y en él, la pista de hielo se enfría indirectamente a través de un circuito cerrado, que es a su vez enfriado en el evaporador y con un refrigerante

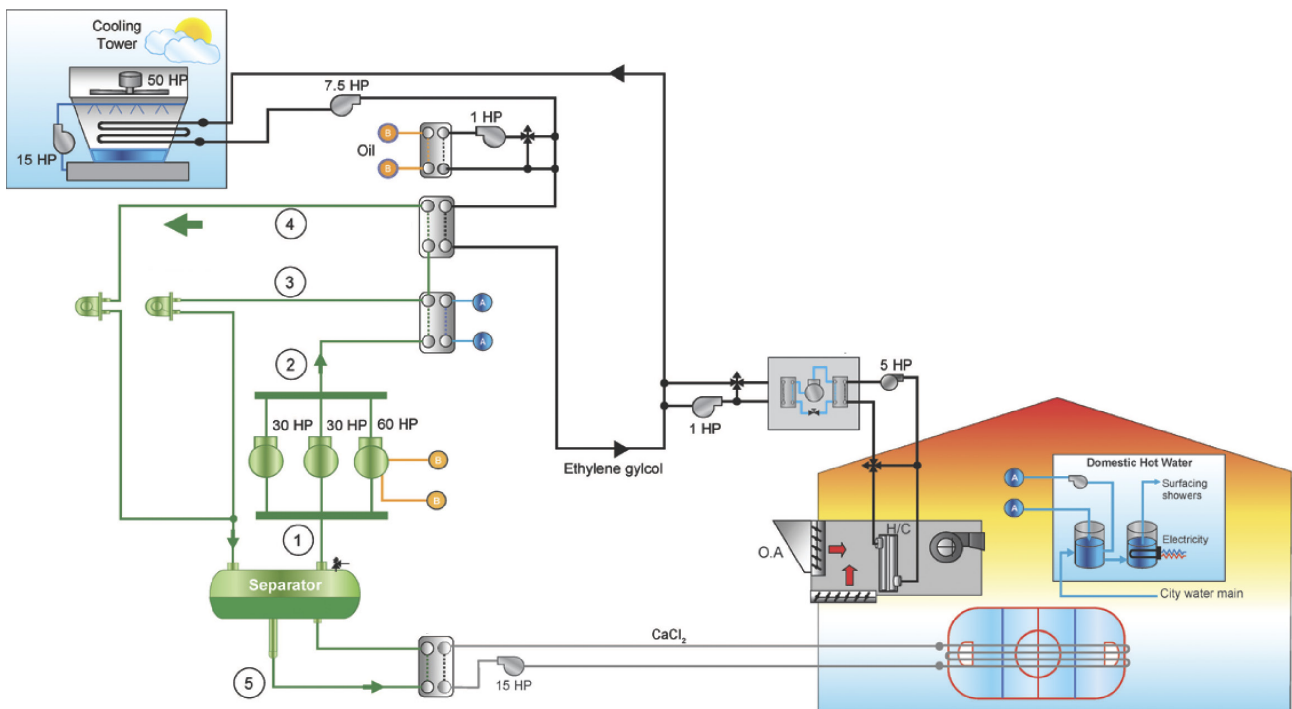
diferente (refrigerante secundario) del que utiliza el circuito del compresor. Cuenta con un solo circuito auxiliar, cuya materia circulada en el circuito final no entra en contacto con el medio a enfriar o acondicionar. Fig. 24

Por realizar una comparación, en referencia al estudio publicado por el departamento de recursos naturales de Canadá, además de los dos sistemas de refrigeración aquí citados, cabría la posibilidad de introducir una serie de variables sobre los mismos, convirtiéndolos en un sistema mixto o semi-directo. Dicho sistema, incluiría dos circuitos independientes, sin ponerse en contacto en ningún momento, a diferencia de como ocurre en el sistema indirecto. Uno de los circuitos, se utilizaría para refrigerar la pista, mientras que el otro podría combinarse con una bomba de calor para climatizar la instalación y producir ACS. Dicha variante no podría utilizarse para el diseño de la instalación de refrigeración en España.

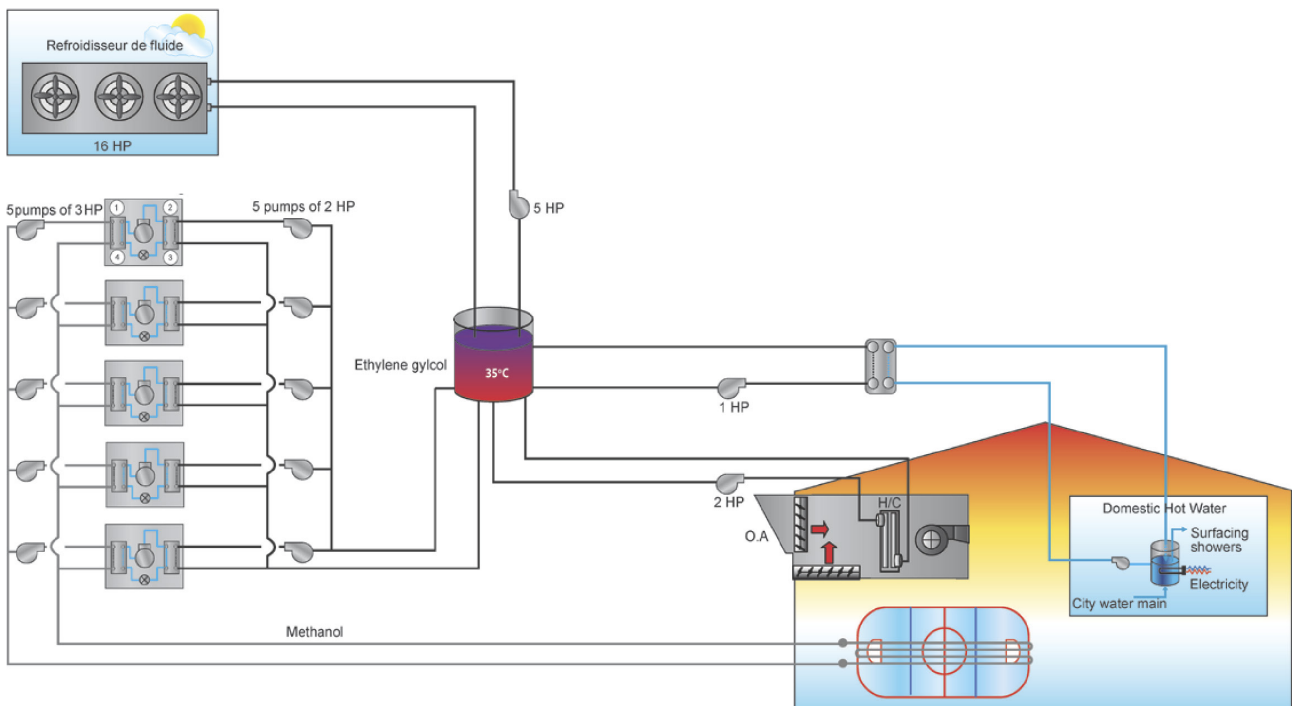


24. Sistema de refrigeración semidirecto

En las figuras 23 y 24, se muestran dos sistemas de refrigeración con recuperación de calor y aprovechamiento del mismo mediante bomba de calor, uno indirecto cerrado y otro directo. Como ya se ha indicado, lo habitual es utilizar un sistema de refrigeración indirecto cerrado debido a que su rendimiento es mayor respecto al sistema directo, además de presentar otra serie de ventajas como su mayor sencillez a la hora de tener que realizar eventuales reparaciones, consecuencia de la modularidad del sistema.



25. Sistema de refrigeración indirecto cerrado, con sistema de reaprovechamiento de energía mediante bomba de calor.



26. Sistema de refrigeración directo con sistema de aprovechamiento de energía para mediante climatización (bomba de calor) y producción de ACS.

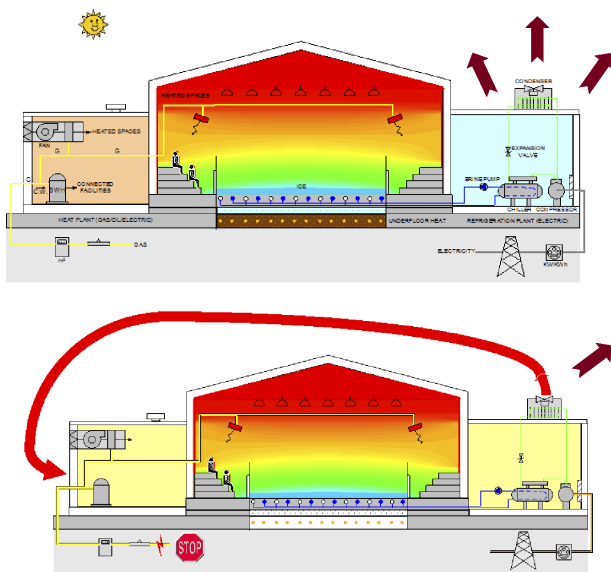
Tipo de sistema	Tipo de montaje	Coef. rendimiento compresor	Coef. rendimiento refrigeración	Coef. rendimiento recuperación de calor	Coef. combinado
Indirecto cerrado	Modular	3.8	2.2	3.2	2.5
Directo	In situ	2	1.7	5.9	2.3

Tabla comparativa coeficientes de rendimiento. Fuente: Department of Natural Resources, "Comparative study of refrigeration systems for Ice Rinks" http://www.nrcan.gc.ca/sites/www.nrcan.gc.ca/files/energy/pdf/comparative-study-arenas_EN.pdf

4.2 Sistema de ventilación y climatización + producción de ACS.

En continuación con el punto anterior, además de mantener unas condiciones óptimas de temperatura en la pista, en el resto de la instalación ocurre exactamente igual. Los Pabellones para deportes de hielo se dividen en dos zonas térmicas diferenciadas: la pista de hielo y el resto de espacios. Por tanto, la ventilación constará de dos equipos de ventilación uno para la pista de hielo y otro para el resto.

El aire que se impulsa en la pista de hielo debe calentarse antes para mantener unas temperaturas determinadas. La evolución en los sistemas de climatización, permite actualmente aprovechar el calor residual proveniente del condensador del equipo de refrigeración para calentar el aire que irá a la pista y al resto de espacios del pabellón. El aprovechamiento de esta energía, suele ser suficiente para mantener la pista la pista en el intervalo de temperaturas que esta debe tener a 1,5m desde la superficie, variando desde los 6°C para el patinaje de velocidad, hasta los 12°C para las competiciones de patinaje artístico y partidos de hockey.



27. Diagrama comparativo tras la incorporación de sistemas de recuperación de calor.

Además, en el resto de espacios de la instalación tales como vestuarios, vestíbulos, oficinas, graderío, etc, deberá mantenerse una temperatura de al menos 18°C y como máximo de 20°C, pues una temperatura superior supondría tener que invertir mas energía en el enfriamiento de la pista.

En cuanto a la producción de Agua Caliente Sanitaria, el sistema de recuperación de calor, debe ser capaz de suministrar la energía necesaria para para abastecer a la instalación.

La elección del sistema de recuperación de calor, dependerá de diversos aspectos tales como las dimensiones de la instalación, el clima exterior en el cual se emplaza el proyecto, el sistema de ventilación mecánica empleado... En este sentido se pueden utilizar sistemas que hacen uso de intercambiadores, bomba de calor, expansores... En el punto 5 del trabajo, se hace una descripción detallada, explicando cuales son los elementos que componen uno de estos sistemas.

Es importante también, la disposición de un sistema de ventilación mecánica con aporte de aire limpio exterior para controlar la calidad del aire interior en la pista de hielo y en los espacios auxiliares (vestuarios, oficinas, cafetería., etc.). La calidad del aire interior se ve afectada por las emisiones de las personas (CO₂, vapor de agua, etc.) tanto de deportistas como de espectadores, así como por las emisiones de otros focos provenientes del edificio que contribuyen significativamente a la contaminación del aire (el mobiliario, los materiales de construcción del edificio, los elementos de decoración, los productos de limpieza, el propio sistema de ventilación, etc.) y los provenientes de la maquinaria, como es la maquinaria pulidora de la pista, que normalmente suslen estar alimentadas por gasóleo. La ventilación mecánica, debe proporcionar siempre una renovación del aire bien controlada, dependiendo las renovaciones de aire en este tipo de equipamientos, del número de jugadores y espectadores (12l/s por cada jugador + 4-8l/s por cada espectador)

En los casos de pabellones donde la altura sea considerable, es conveniente estudiar la estratificación y favorecerla durante los periodos de demanda térmica positiva. Durante los periodos de demanda térmica negativa se tratará de evitar dicha estratificación.

Una estrategia más de sostenibilidad y aprovechamiento energético, es la zonificación de los sistemas de climatización y ventilación. Cada sistema de climatización se dividirá en subsistemas, teniendo en cuenta la compartimentación, orientación, uso, ocupación y horario de funcionamiento de los espacios interiores de manera, que a través de dispositivos de control, pueda ajustarse el funcionamiento de los sistemas de climatización y ventilación a dichas variables.

4.3 Sistema deshumidificador.

El aire de la pista de hielo debe mantener un contenido de humedad limitado (40% en el caso de las pistas de curling y 70% en el resto). Ello es debido para evitar que el exceso de humedad provoque condensaciones, lo que ocasionaría mala calidad del aire, niebla a nivel de la pista, condensación en el hielo, corrosión de elementos metálicos, crecimiento de mohos y hongos, pudrición de elementos de madera, etc. Es por tanto necesario, sobre todo en zonas con climas húmedos y cálidos, un equipo deshumidificador del aire de la pista de hielo que mantenga por debajo de los límites la humedad del aire.

La humedad del aire interior, dependerá de la que contiene el aire exterior (ventilación), del vapor de agua que emiten las personas (deportistas, espectadores, etc.), el vapor de agua que evapora la pulidora del hielo de la pista, el motor de la máquina pulidora, etc.

El equipo deshumidificador generalmente consiste en enfriar el aire al hacerle pasar por un serpentín de enfriamiento que baja la temperatura del aire por debajo de su punto de rocío, condensándose el vapor de agua y disminuyendo la humedad

relativa del aire. Además del sistema por enfriamiento del aire, hay otro sistema deshumidificador que utiliza materiales absorbentes de la humedad (gel de sílice, etc.), aunque dicho sistema no se aplica de la misma manera que el sistema de enfriamiento de aire.

4.4 Acústica de la pista de hielo.

Hasta la aparición de las recientes normativas del Código Técnico, no había existido una preocupación por este aspecto.

La contaminación acústica dificulta la comunicación entre los usuarios ya que la onda sonora no es atenuada en el primer impacto y permanece en el ambiente un tiempo más largo. En la actualidad es un tema que está siendo tratado, ya que era una de las grandes asignaturas pendientes de los recintos deportivos en general. Así, se trata de sustituir en la medida de lo posible las superficies duras y lisas por revestimientos porosos. De esta manera se disminuye la reverberación y el tiempo de permanencia.

Una mejor acústica de las pistas de hielo permitirá que se oigan claramente los mensajes o la información hablada así como la música, provenientes de los equipos de sonido y del sistema de megafonía y en cualquier caso evitará la existencia de ecos y ruidos. Se ha establecido un coeficiente de reverberación que debe ser inferior o igual a 2,3 segundos, con la pista vacía de deportistas y de espectadores en su caso. Para conseguir estos valores se dispondrán paramentos y techos absorbentes del sonido, además de disponer el aislamiento acústico necesario para impedir las emisiones de ruido al exterior o a otras zonas de la instalación deportiva, de acuerdo con la normativa vigente de condiciones acústicas en los edificios.

4.5 Acústica de la pista de hielo.

A diferencia de lo que ocurre en la mayoría de recintos deportivos tales como piscinas, polideportivos, etc, donde la iluminación natural juega un papel importantísimo en la concepción del proyecto,

promoviendo la aportación máxima posible de la misma, de manera que sea la fuente de luz principal del edificio, en los pabellones para deportes de hielo, ocurre algo muy distinto. No es que se trate de evitar la iluminación natural, pues sus beneficios son ampliamente conocidos en contraposición de la luz artificial, sino que se trata de un tema relacionado con las pérdidas térmicas y el elevado coste de construcción y de explotación que pueden originar los huecos acristalados, no siendo apropiado disponer lucernarios en cubiertas, ni grandes superficies acristaladas en paredes. Por ello, si existe, debe estudiarse considerando los riesgos que ellos supone (condensaciones, pérdidas térmicas...).

Considerando que la aportación de iluminación natural será escasa, la iluminación artificial de la pista de hielo deberá uniforme, de manera que permita la visión y no provoque deslumbramiento de los jugadores, patinadores, de los jueces, árbitros y de los espectadores.

Se dispondrá, al menos, de dos niveles de iluminación en la pista (uno para entrenamiento, uso recreativo y otro para competiciones), y cumplirá la norma UNE-EN 12193 "iluminación de instalaciones deportivas", alcanzando los niveles de iluminación y la uniformidad necesarios para cada deporte o modalidad deportiva que se prevea practicar.

5. Aplicación de las soluciones a un caso de referencia, Pabellón de Hielo de Jaca.

Habiendo realizado un recorrido por los componentes y sistemas fundamentales que caracterizan los pabellones para deportes de hielo, se cree necesario realizar una recopilación de todos ellos, a través de un ejemplo de referencia, de manera que se pueda entender mejor, como llegan a conformarse los proyectos de este tipo.

En concreto, se ha escogido como caso de estudio el Pabellón de Hielo de Jaca, del estudio de arquitectura *Coll-Barreu Arquitectos*. Ello es debido, al propio interés arquitectónico del edificio desde el punto de vista de la construcción y la sostenibilidad, y a la posibilidad que ofrece el edificio de ser estudiado *in situ* gracias a su proximidad, así como el acceso a información gráfica y técnica, fruto de su publicación en varios medios de divulgación arquitectónica y la colaboración de la sección de Urbanismo del Ayuntamiento de Jaca.

Además, se trata de un edificio en el que la eficiencia energética y la sostenibilidad están presentes desde el minuto cero de la concepción del proyecto, desde la orientación del propio edificio y los huecos en los cerramientos/cubierta, hasta la elección de los materiales que componen los mismos, con el objetivo de minimizar al máximo la demanda y el consumo energético final.

5.1 Introducción y condicionantes: cómo se concibe el proyecto.

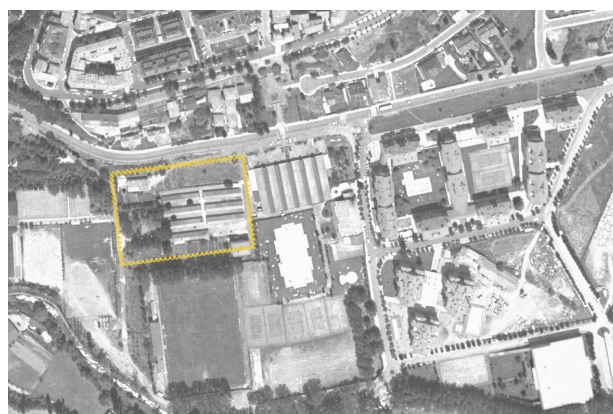
En el año 2007, Jaca, debe acoger el Festival Olímpico de la Juventud Europea en su versión para deportes e invierno. Ello, hace necesaria la construcción de un nuevo pabellón para deportes de invierno con capacidad para albergar eventos de carácter internacional.

En este sentido, en el año 2004, el ayuntamiento de Jaca convoca un concurso privado, para la elección del que será el nuevo Pabellón de Hielo de la ciudad, en el que la firma *Coll-barreu arquitectos* resulta ganador del concurso, y recibe el encargo

de la realización del proyecto y la dirección de obras del mismo.

Tras la adjudicación del proyecto, se llevan a cabo una serie de reuniones con los órganos de gobierno competentes y el Ayuntamiento de Jaca para acabar de definir el programa de uso y necesidades del proyecto, así como el presupuesto destinado al mismo.

El proyecto se sitúa en el Complejo Deportivo Armando Abadía de la ciudad de Jaca, limitando al norte con la Avenida Perimetral, al este con la pista de hielo original de Jaca, al oeste con un vial público y un centro escolar provado, y al sur con otras instalaciones deportivas municipales. Se trata de un solar en ladera, presentando una pendiente especialmente pronunciada en la parte norte, que por otra parte, será aprovechada a la hora de establecer las estrategias de resolución del proyecto.



28. Estado original del emplazamiento, fotografía aérea del año 2004.



29. Estado final del emplazamiento, fotografía aérea del año 2009.

En palabras de los propios arquitectos: "La cúpula tórica del proyecto hace referencia a la roca de Peña Oroel y a los picos escarpados y abstractos del Pirineo". El edificio permite acoger competiciones olímpicas de hockey sobre hielo, patinaje artístico, short track y curling, al mismo tiempo que defiende una nueva sensibilidad hacia la naturaleza.



30. El edificio con la roca Peña Oroel al fondo, fotografía panorámica.

Con el espíritu de los Primeros Juegos Olímpicos de invierno en el Mont Blanc en 1924, el proyecto proponía que el paisaje natural recuperase su protagonismo en las actuales modalidades deportivas de interior en el marco del Festival Olímpico de la Juventud Europea Jaca 2007.

En este sentido, los arquitectos plantean un edificio capaz de ser reconocido como un icono emblemático en la ciudad anfitriona de los juegos. Pero además, se propone un edificio que muestre la nueva capacidad de Jaca para organizar eventos de gran envergadura y para activar una modernización arquitectónica sostenible y lógica, basada en la orientación a las personas, la relación con el medio natural del Pirineo y la regeneración urbana.

Los arquitectos conciben el proyecto proponiendo una arquitectura deportiva para las modalidades interiores de deportes de invierno en sintonía con el origen de los juegos y de los deportes de hielo, como los Primeros Juegos Olímpicos de Invierno en Chamonix, el nacimiento del patinaje de velocidad en los canales helados de los Países Bajos, el curling o el hockey sobre hielo jugado en Escocia allá por el siglo XVI, en relación a lo descrito en el capítulo 1 de este trabajo. En este sentido, la nueva sensibilidad hacia la naturaleza que el proyecto propone afecta a su propio planteamiento.

La estructura es concebida como una membrana, respondiendo su geometría a la lógica tranquila e incuestionable de la naturaleza, resultando no sólo en una economía del material, sino también en una expresión "natural" tanto en el exterior como en el interior. Se pretendía importar al espacio del Pabellón esa atmósfera tan clara y natural que se puede percibir en una pista de esquí.

Siguiendo con lo anterior, el edificio hereda la compacidad característica de la naturaleza, como la de una montaña, y en el caso de Jaca, representado por la imagen de la Peña Oroel al fondo, que queda presente desde todos los espacios interiores. Según los arquitectos, la cubierta a modo de membrana, pretende dar la sensación de flotar sobre la pista de hielo.



31. Fotografía interior.

La cubierta del Pabellón se encuentra directamente con el suelo, al contrario que en el concepto tradicional de una cúpula apoyada en una fachada. En la propuesta no existe fachada, no existe por lo tanto dialéctica de enfrentamiento. La cubierta desliza hasta acariciar el suelo, como una roca, como un ibón, como una hoja de árbol o como una simple gota de agua.

5.2 Programa de usos y necesidades.

Para entender la lógica del programa de usos y necesidades del edificio, es importante tener en cuenta cuál será el legado del edificio, tras la celebración del Festival Olímpico de la Juventud Europea. En ese sentido, ha de considerarse que la tradición de los deportes de invierno ha ido muy ligada

a la ciudad en las últimas décadas.

En el año 1972, se funda el Club de Hielo Jaca, (hoy llamado Club de Hielo Jaca-Jacetania), siendo uno de los equipos mas laureados en la historia de este deporte en nuestro país. Existen también secciones de patinaje y curling. Será necesario pues, orientar la planificación del programa, al futuro uso que se le dará a la instalación, debiendo albergar entrenamientos y competiciones de dichos clubes deportivos, además de reservar espacios en su horario para el uso recreativo de la propia pista.

Tras las reuniones organizadas con los equipos de gobierno competentes y el ayuntamiento, el programa de usos quedó definido de la siguiente manera:

Espacios Auxiliares Singulares	Unidades/Superficie m ²
Grupo de frío y bombas	185,25
Sala de climatizadoras 1	801,45
Centro transformación	40,20
Cuadro general baja tensión	48,15
Protección contra incendios	26,25
Grupo electrógeno	40,20
Instalaciones ACS	65,80
Instalaciones patio técnico	2 unidades de 8,85
Sala de climatizadoras 2	244,05
Instalaciones aljibe	10,44
Sala telecomunicaciones	49,20
Instalaciones baja tensión	17,75
Vestuario personal	2 unidades de 15,65
Aseos personal	2 unidades de 3,5
Almacén accesorios pista	185,85
Sala de control	28,5
Almacén	8,15
Almacén seco	139,10

Local alquiler patines	78,55
Cuarto limpieza	8,35
Sala instalaciones	255,3
Sala de control	28,5
Cabina retrasmisión	4 unidades de 4,45
Circulaciones	...

Espacios Auxiliares Deportistas	Unidades/Superficie m ²
Enfermería	33,05
Aseo señores	2 unidades, TOTAL 37,1
Aseo señoras	2 unidades, TOTAL 37,1
Vestuarios masculinos	5 unidades, TOTAL 255,5
Vestuarios femeninos	5 unidades, TOTAL 255,5
Circulaciones...	

Espacios Auxiliares espectadores	Unidades/Superficie m ²
Aseos señores	2 unidades, TOTAL 74
Aseos señoras	2 unidades, TOTAL 74
Cafetería	102,25
Graderío 1	589,1
Graderío 2	258,3
Circulaciones	...

Espacios Auxiliares espectadores	Unidades/Superficie m ²
Pistas	3.300

Si analizamos las tablas del programa de uso y necesidades, podemos identificar varias cosas que llaman la atención. Por ejemplo, el gran peso que tienen los espacios reservados a instalaciones en este tipo de edificios, algo que será muy importante a la hora de organizar la planta.

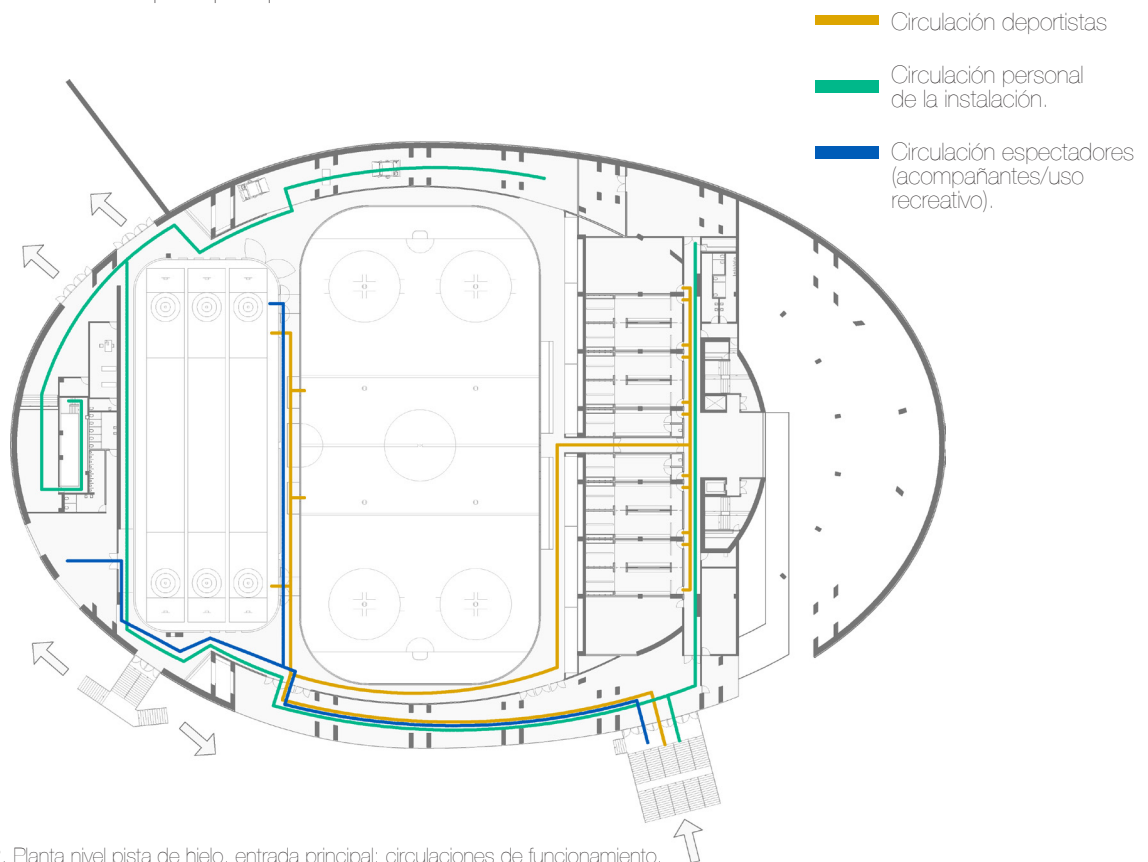
En otro sentido, nos damos cuenta, que pesa a haberse realizado el proyecto previamente a la redacción de las normativas que atañan a este tipo de

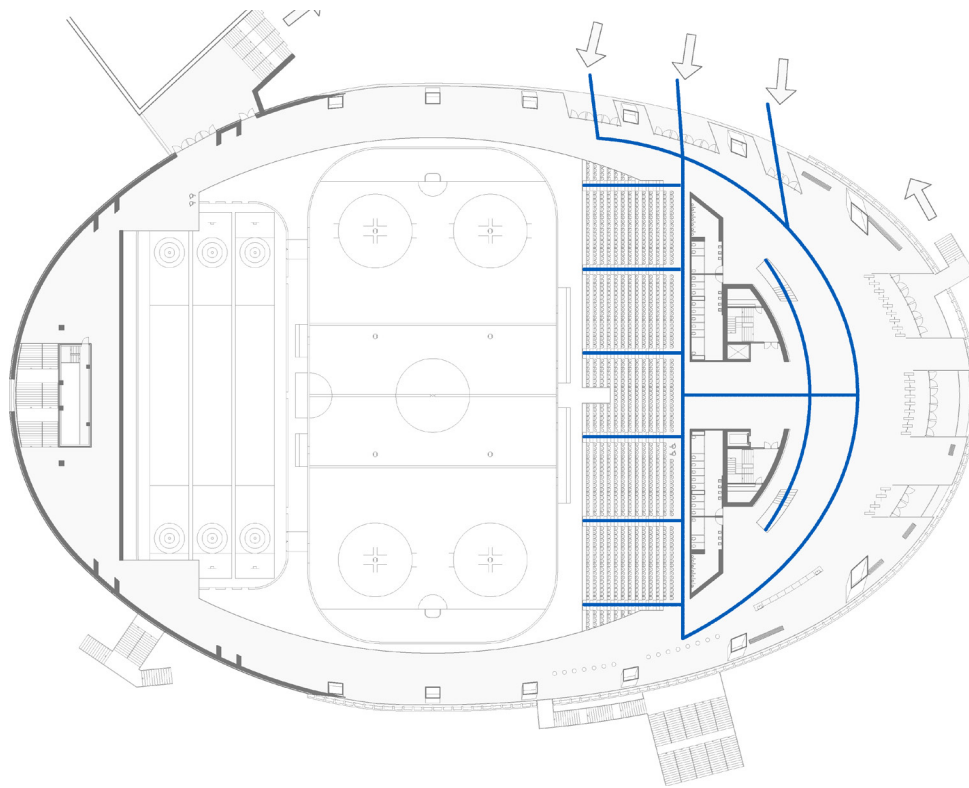
pabellones, el proyecto cumple con la gran mayoría de requisitos en cuanto a espacios se refiere. Teniendo en cuenta su capacidad, el tipo de pistas que tiene, y la capacidad de sus graderíos, el pabellón de Jaca sería un pabellón tipo PDH-2.

En cuanto al funcionamiento y disposición del programa, el caso de Jaca es similar al de otros ya analizados, pudiendo epicársele perfectamente el *esquema de funcionamiento tipo* elaborado (ver punto 2.3 del trabajo). Así, existen dos accesos; el principal, situado en la parte sur del proyecto, que permanece abierto durante el funcionamiento "normal" del edificio, y por el que acceden los deportistas, el personal de la instalación, acompañantes de deportistas, y personas que vayan a practicar el patinaje de manera lúdica; el segundo acceso se sitúa a la cota de la avenida principal, y está destinado al acceso directo de los espectadores que van a presenciar la competición o cualquier otro tipo de acto que pueda celebrarse en el vestíbulo principal que da acceso al graderío.

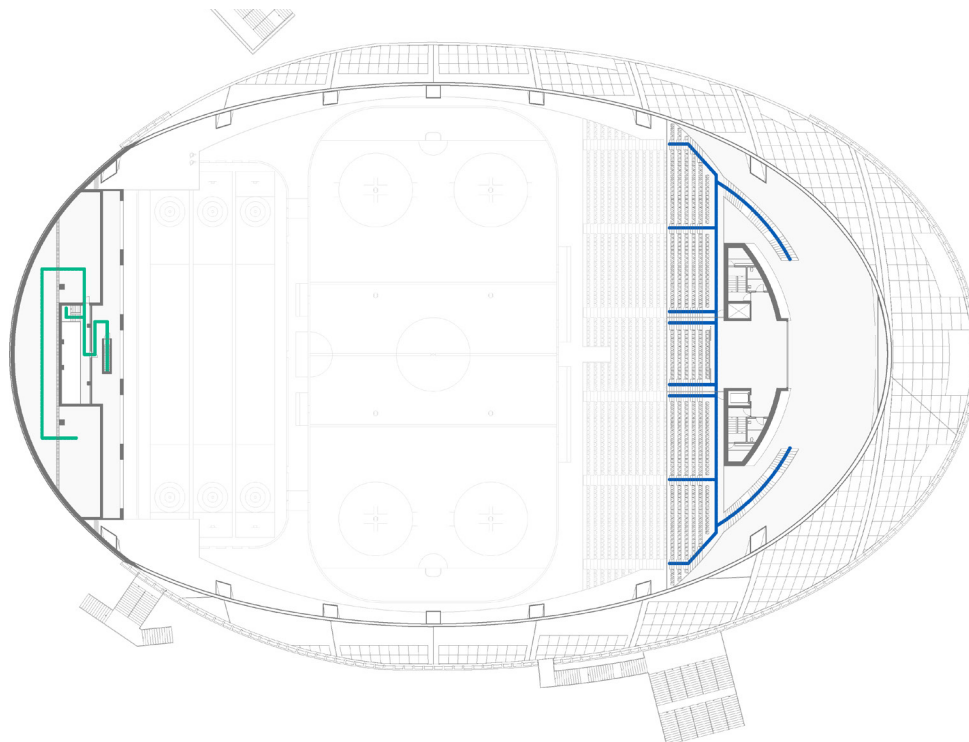
El acceso principal da a un vestíbulo donde se encuentra la recepción, y desde allí, un largo pasillo conduce a la entrada de la zona de pistas. Una vez dentro, encontramos la pista principal en el centro y otra pista mas pequeña para curling a la izquierda. Al este de la pista pequeña, se encuentra la zona de alquiler de patines, que da acceso también al bloque de instalaciones (ocupando toda la parte oeste del edificio de arriba a abajo). En la parte este de la pista grande, se encuentra el acceso a la zona de vestuarios y resto de espacios auxiliares a los deportistas, concentrándose dichos usos debajo del graderío como acostumbra a ocurrir en este tipo de pabellones. También como es lógico, la sala reservada para la maquinaria de pulido de hielo.

El acceso para espectadores se realiza desde la plaza que queda junto a la avenida principal. Esta entrada da acceso a un gran vestíbulo, que puede ser utilizado también como espacio multifuncional. Desde este gran hall, se accede directamente a los graderíos de la pista.





33. Planta nivel vestíbulo principal, entrada secundaria desde avenida perimetral; circulaciones de funcionamiento.



34. Planta nivel gradería superior, acceso a través de las escaleras del vestíbulo principal; circulaciones de funcionamiento.

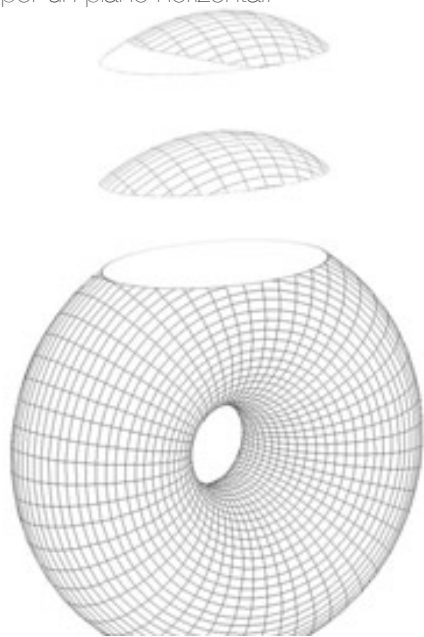
5.3 Tecnología y construcción.

5.3.1 Sistema estructural

Una vez hemos explicado como funciona el edificio, pasamos a analizar como se estructura el mismo, y que sistemas constructivos utiliza.

El proyecto queda dividido en diferentes plantas dedicadas a usos diversos, existiendo como parte central y fundamental del edificio la pista de hielo (pudiendo albergar otra serie de espectáculos en caso de ser necesario), la parte correspondiente de gradas y accesos a las mismas, vestuarios, los halls de entradas, zonas comunes y las zonas exclusivas correspondientes a cuartos de instalaciones y oficinas.

En cuanto a la estructura, el edificio está constituido básicamente por una cubierta metálica, compuesta por un cerramiento tanto metálico como acristalado, sujetado por una estructura de arcos, correas y también por una estructura de hormigón armado que forma el cuerpo de dicho edificio. Los arcos de cubierta se amoldan a la geometría de la misma que está determinada por la sección de un toroide por un plano horizontal.



35. Sección de un toroide por plano horizontal, figura geométrica que adopta la cubierta del edificio.

La estructura de hormigón armado la constituyen los pilares y pantallas que soportan tanto los arcos de cubierta, las correas, así como la estructura de los forjados interiores. Estas columnas son construidas en hormigón armado, el cual tiene unos acabados interiores vistos. Las columnas que reciben a lo arcos de cubierta están conectados perimetraime unos a otros y todos ellos a unos interiores con una estructura en anillo en hormigón armado y que ayuda a soportar las cargas horizontales que transmiten los arcos.



36. Detalle del cuerpo estructural del edificio durante su construcción.

Entre los forjados interiores, el principal, es el que aloja la pista de hielo, tratándose un forjado reticular de casetones recuperables de 80x80x35 (35+10). En el resto de casos, se optó por forjados de losa maciza (30-40cm), debido a la irregularidad de la planta.

Por su parte, los núcleos de ascensores y escaleras son, aparte de las funciones que esos elementos requieren, los encargados de soportar varios forjados y la estructura de hormigón de las gradas, formando núcleos rígidos de arriostamiento de la estructura en conjunto.

Por último, perimetralmente y debido a la existencia de rellenos de tierras a nivel del edificio, fue necesaria la inclusión de muros de contención

de esas tierras funcionando también como parte importante en la estructura principal del edificio. Todos los elementos estructurales transmiten las cargas al terreno mediante una cimentación de encepados y pilotes, debido fundamentalmente a las elevadas cargas que llegan a cimentación y la morfología del terreno sobre el que se asienta la estructura. Sobre los encepados arrancan todas las columnas que sujetan los forjados y de aquellos que recogen la estructura metálica de cubierta.

5.3.2 La pista

En los pabellones para deportes de hielo, la pista es el elemento del proyecto en torno al cual gira todo, y en el caso del Pabellón de hielo de Jaca, ocurre igual, sin embargo, tiene una serie de peculiaridades que cabe destacar.

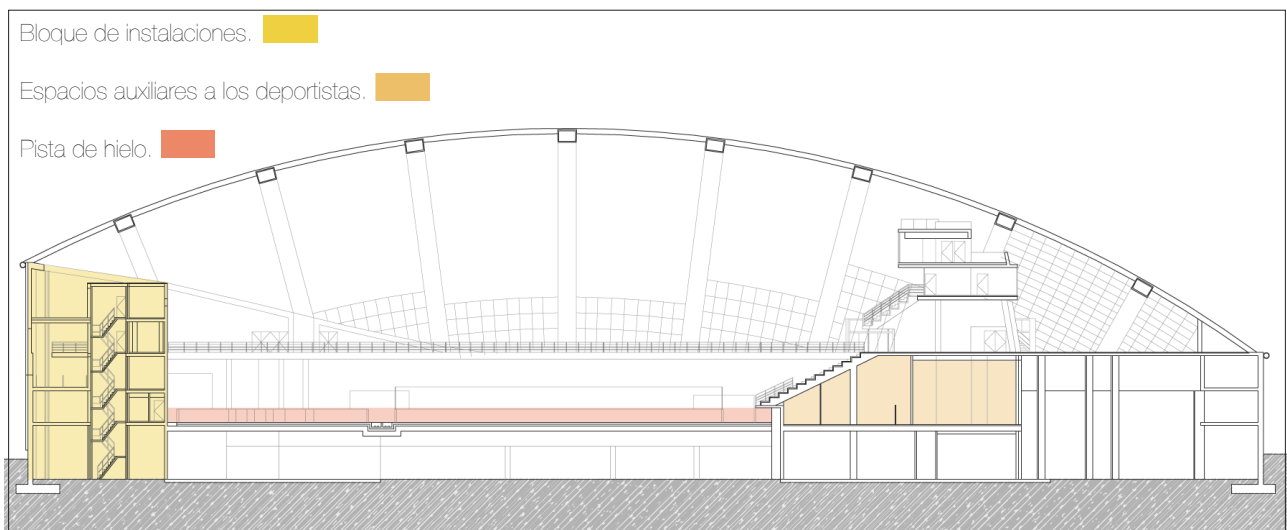
Si miramos la sección constructiva "tipo" de una pista de hielo (ver figura 20 o el anexo de planos), veremos que ésta, se asienta sobre una base compactada de arena (50cm aproximadamente) dispuesta sobre el terreno. Dicha capa, lleva incorporada un sistema de tubos radiantes que la calientan. Esto es así, porque al asentarse sobre el terreno, debido a las bajas temperaturas de la pista, la humedad procedente de este último, se convertiría en escarcha, con las consecuencias que ello acarrearía.

Para evitarlo, se dispone de ese sistema de calefacción por medio de tubos radiantes.

Pues bien, en el caso de Jaca no se dispone de dicha capa debido a que la pista se encuentra sustentada en el aire por el forjado reticular que descansa sobre los pilares que componen la estructura, evitando la formación de escarcha en la capa inferior. Esa, es otra de las diferencias entre la mayoría de pistas de hielo, y el caso de Jaca, el hecho de que la pista no esté apoyada sobre el terreno, y se encuentre "suspendida" en el aire.

La pista principal, tiene unas medidas de 60x30m, lo que la habilita a albergar todas las disciplinas deportivas que se practican sobre hielo, a excepción del patinaje de velocidad en pista larga. Pero además de la pista principal, hay otra pista "secundaria" de dimensiones, 46,7x18,05m. Esta pista tiene un carácter polifuncional, pero además, cabe la posibilidad de dividirla en tres pistas para el desarrollo del curling.

Es muy importante tener en cuenta las tolerancias en las medidas de diseño que deben cumplirse a la hora de construir la losa de hormigón que enfría la pista, pues una diferencia de +-1 cm de un extremo a otro de la pista, acaban por producir una serie de problemas en relación a la calidad del hielo y



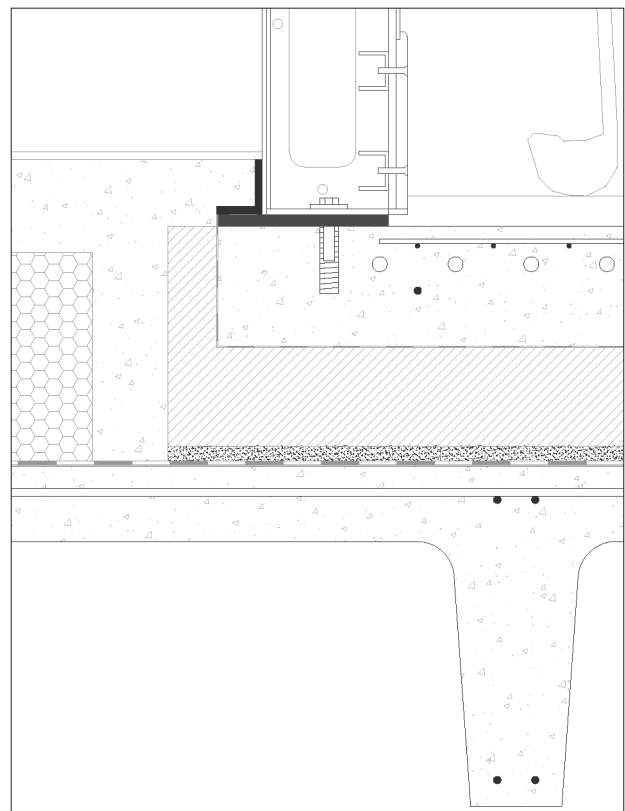
37. Sección longitudinal del edificio. Distinción de los distintos bloques de espacios.

la seguridad de los propios usuarios.

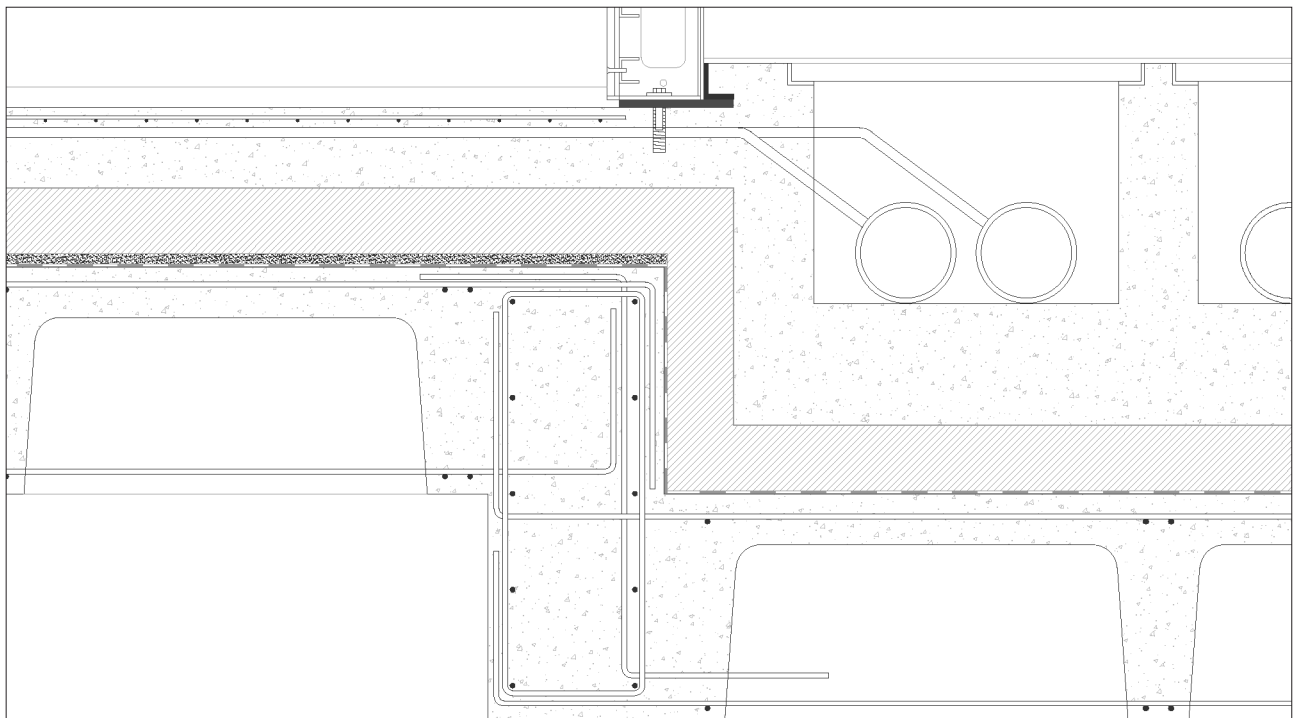
La figura de la derecha, se corresponde con la sección transversal de la pista de Jaca a escala 1:10. La figura de abajo, se trata de la sección longitudinal a escala 1:15, mostrando como se realiza el paso de los tubos de refrigeración por los que circula el refrigerante (un tubo ida y otro retorno).

De abajo arriba se dispone el siguiente orden de capas:

- Forjado reticulado de casetones recuperables de 80x80x35 + 10 cm capa de compresión.
- Lámina geotextil + lámina impermeabilizante.
- Capa de nivelación a base de arena, 2cm.
- Doble capa de aislante térmico resistente a compresión, 13cm en total.
- Barrera de vapor.
- Solera armada con tubos de refrigeración de polietileno de diámetro 20mm, colocados en U cada 10cm.
- Capa de hielo 4 cm.
- Pavimento exterior de caucho, fijado a base resistente mediante adhesivo.



39. Detalle constructivo 1:10 construcción pista de hielo Pabellón de Jaca.



38. Detalle constructivo escala 1:15 del sistema de refrigeración con ida y retorno en arqueta.

5.3.3 Cerramientos y cubierta.

Si por algo se caracteriza el Pabellón de Hielo de Jaca, es por la emblemática imagen que causa su cubierta. Ya se ha hablado previamente de donde surge la forma de la misma, de manera que a continuación pasaremos a describir el sistema constructivo que utiliza.

Si nos fijamos en la materialidad de la misma, se utiliza la combinación de vidrio y aluminio, y en este sentido, haremos la diferenciación en esos dos tipos de cubierta, en función del material.



40. Vista exterior de la cubierta

La cubierta de vidrio se realiza según la geométrica de superficie tórica del proyecto. Con las divisiones obtenidas en dicha superficie, se diseñan cada una de las piezas de forma trapezoidal, que unidas entre sí a través de un sistema de montantes y travesaños, conformarán la cubierta tórica de vidrio.

Al observar la cubierta, nos damos cuenta de que la superficie de cubierta de vidrio es mucho menor a la superficie de cubierta de aluminio, debido a las ganancias energéticas que se producen con la introducción del primer material. Teniendo en cuenta que se debe mantener una temperatura interior que en pista rondará los 5-10°C, parece lógica la distribución de los materiales en la cubierta.

Las partes opacas de la cubierta, están realizadas mediante placas de aluminio Kalzip. Se compone por una base de placa de acero, una barrera de vapor, aislamiento térmico a base de lana de roca, y el acabado exterior a base de bandejas perfiladas de

aluminio tipo Kalzip, unidas mediante un sistema especial de clips con rotura de puente térmico incorporado.



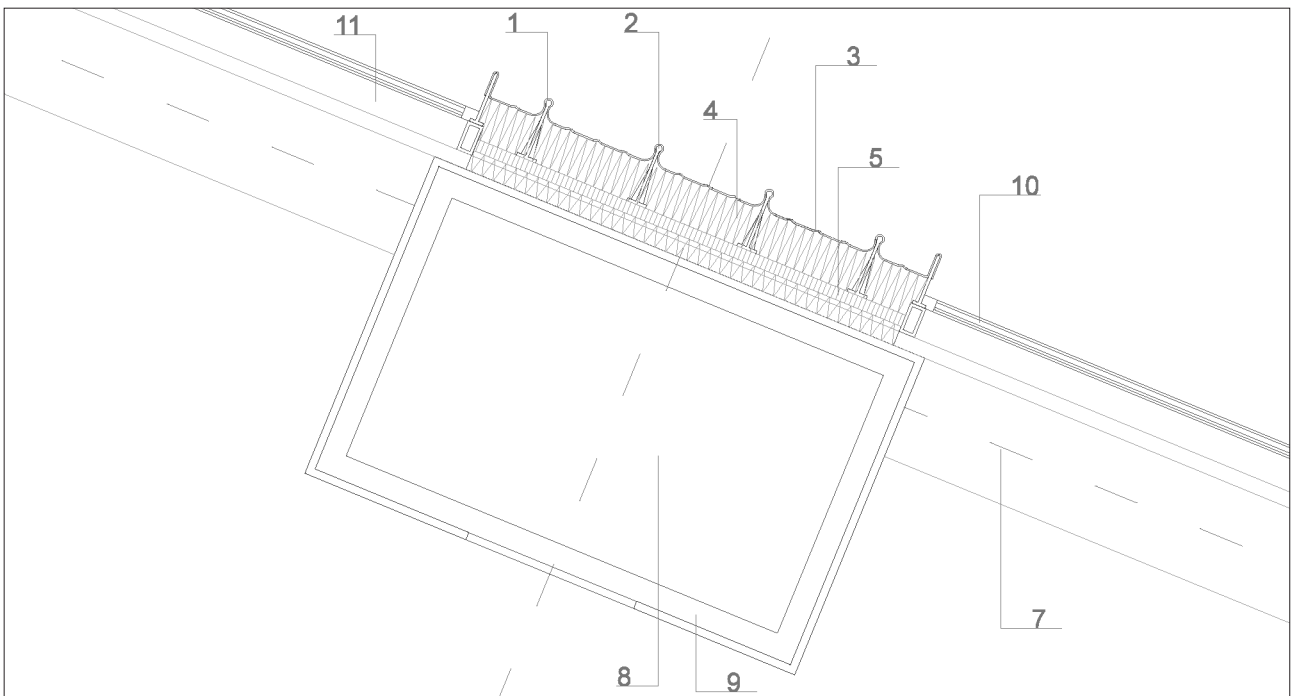
41. Detalle panel de aluminio tipo Kalzip, unión sistema de clips con RPT.



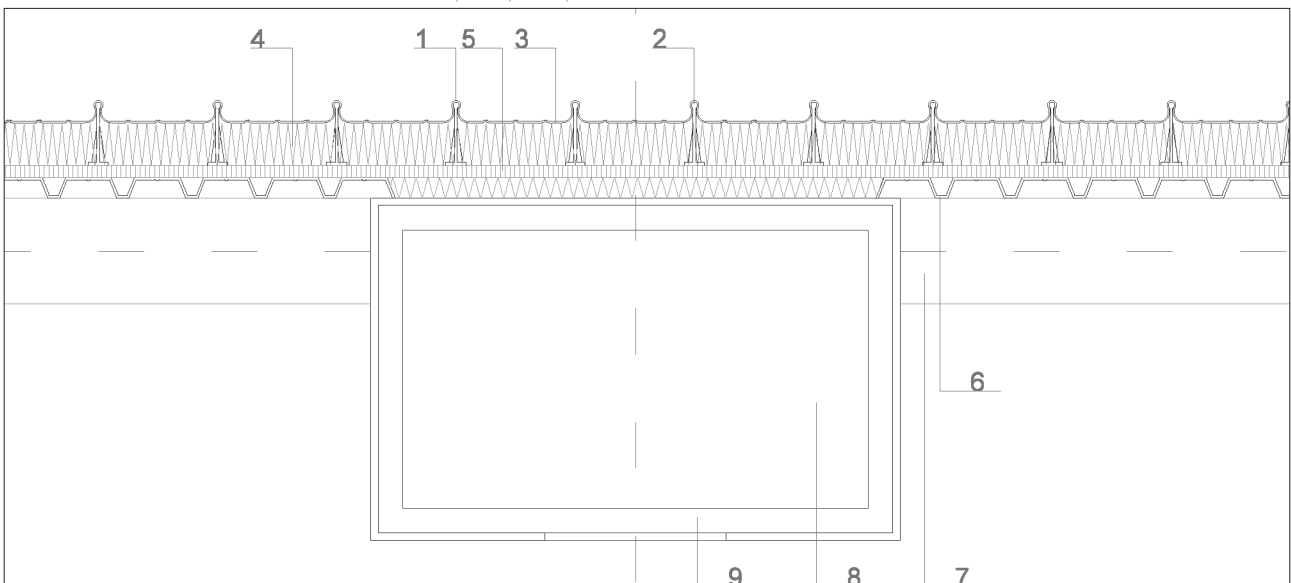
42. Detalle exterior cubierta

En las ilustraciones de la siguiente página, se muestran los detalles constructivos de como sería el montaje de ambas cubiertas, así como la combinación de ambas:

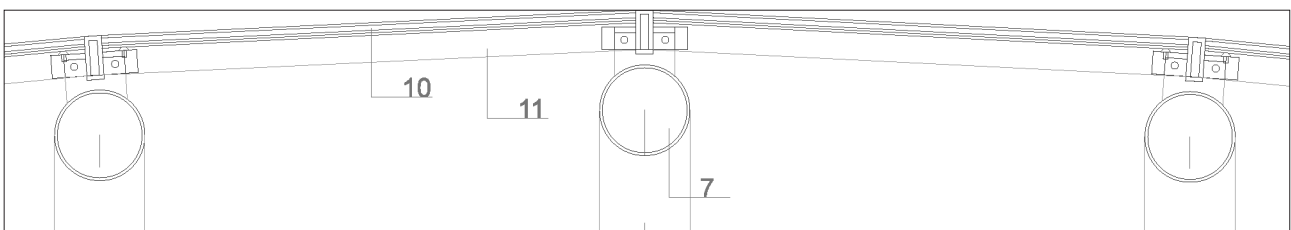
1. Clip especial con RPT Kalzip.
2. Perfil omega de acero galvanizado en caliente.
3. Bandeja tipo Kalzip perfilada de aluminio, acabado estucado
4. Aislamiento térmico lana de roca 210mm comprimido a 180 en obra
5. Aislamiento térmico. lana de roca 70mm comprimido a 60 en obra.
6. Chapa de acero perforada tipo montana.
7. Correa metálica curvada diámetro 32,4cm
8. Conducto de aire acondicionado dentro de arco estructural de cubierta metálico.
9. Arco metálico estructural de cubierta.
10. Vidrio templado 8mm+ cámara aire deshidratada 16mm + laminar 6+6mm
11. Perfil de aluminio anodizado.



43. Detalle constructivo de la membrana de cubierta por la parte típica de vidrio. Sección horizontal. Escala 1:25



44. Detalle constructivo de la membrana de cubierta por la parte típica de aluminio. Sección horizontal. Escala 1:25



45. Detalle constructivo de la membrana de cubierta por la parte típica de vidrio. Sección vertical. Escala 1:25

Por debajo de la cubierta, el resto de los cerramientos del edificio siguen la misma línea de ésta. Así, todas las partes de los cerramientos que son opacas, utilizan un sistema de fachada de aluminio muy similar al de la cubierta.

En concreto, se trata de un sistema de fachada de aluminio tipo Kalhau, disponiéndose en torno al muro perimetral del edificio, y en la fachada exterior de los vestuarios y el área de gestión de portiva. Dicho sistema estaría conformado por:

- Barrera de vapor y aire consistente en una membrana elástica autoadhesiva de betún elástico tipo KAFLEX.
- Aislamiento formado por lana de roca mineral hidrófuga 110mm comprimida a 90mm durante la puesta en obra.
- Chapa ondulada de aluminio zincado estucado tipo KALBAU.
- Fijación de la chapa al soporte mediante perfiles omega de acero galvanizado 5 mm. de espesor, curvados, dispuestos horizontalmente con una distancia de 80 cm.
- Formación de huecos de ventilación mediante chapa ondulada de idénticas características.

Además del acabado de aluminio, en determinadas zonas del edificio, como el espacio exterior que queda bajo la pista habilitado para aparcamiento, se deja el hormigón visto como acabado final en color blanco.



46. Vista exterior del Pabellón desde la parte trasera, donde quedan a la vista todas las posibilidades de cerramientos utilizados.

5.3.4 Graderío.

El graderío es uno de los elementos más importantes que caracterizan el espacio interior de este tipo de equipamientos deportivos. No solo por su forma y el aspecto que presenta al espacio abierto de la pista, sino porque normalmente, debajo del graderío suelen situarse los espacios auxiliares a los deportistas tales como vestuarios, almacenes de material, salas de masaje, etc.

En el caso del Pabellón de hielo de Jaca, se utiliza un sistema convencional para la construcción de este elemento, de manera que se disponen vigas longitudinales soportando las gradas prefabricadas de hormigón. Las vigas longitudinales se apoyan en una serie de pilares que transmiten su carga a la cimentación.



47. Graderío sobre espacios auxiliares.

5.3.5 Otros espacios y elementos singulares.

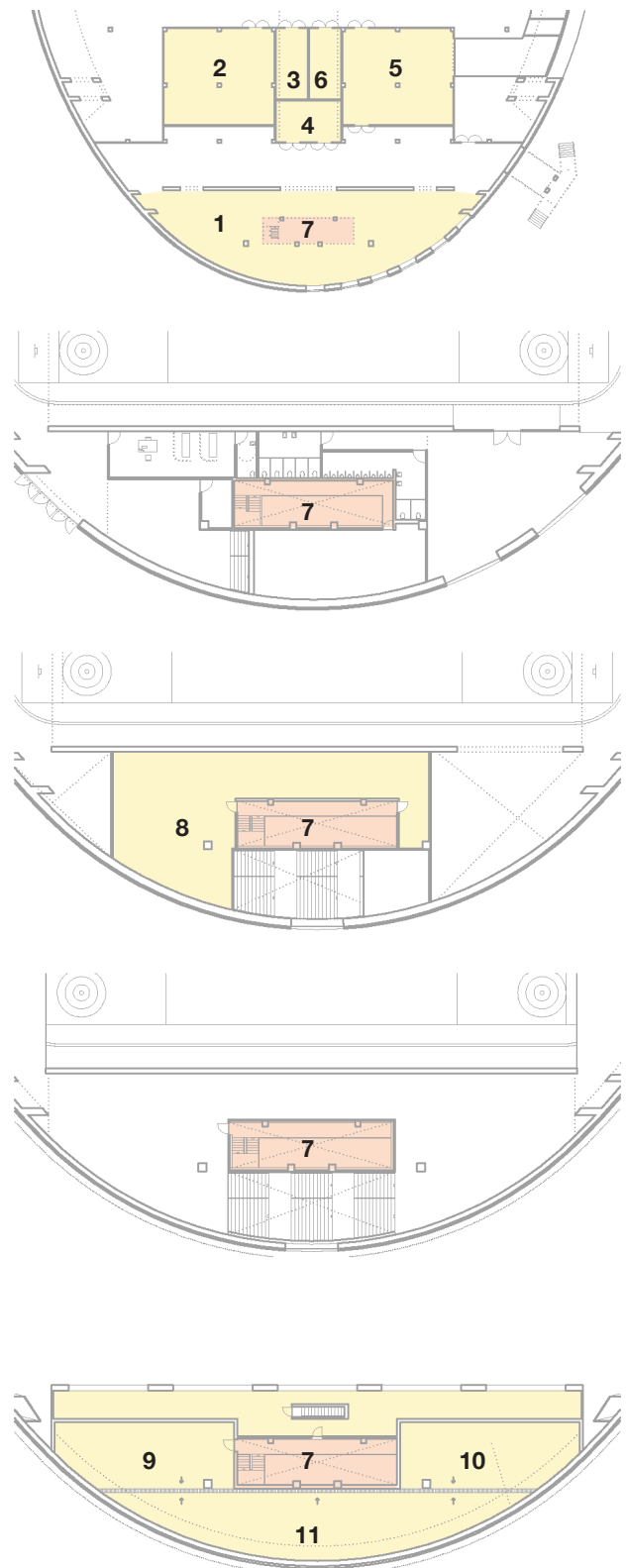
Los pabellones deportivos, por lo general, tienen reservado en su programa, una serie de espacios para instalaciones, que en el reparto final de superficies del programa, tienen un peso bastante considerable. En el caso de pabellones para deportes de hielo, este hecho se hace todavía mayor, debido a las elevadas exigencias de climatización que se deben mantener en el interior, para que la pista permanezca en unas condiciones óptimas. En el ejemplo que estamos estudiando, esto se traduce en que se reserva todo el bloque este del edificio,

para albergar los sistemas de refrigeración de pista, calefacción, ventilación mecánica, etc.

Debido a las especiales condiciones de protección que deben cumplir este tipo de espacios, todo el bloque de instalaciones está constituido por un sistema tradicional de losas macizas y pilares de hormigón armado, si bien, la peculiar forma del edificio, supuso que la construcción de dicho bloque resultase prácticamente la mas complicada en cuanto a ejecución se refiere. El cerramiento se hace mediante bloques/ladrillo de hormigón.

En la figura de la derecha, se encuentran representadas todas las plantas del edificio, desde abajo hacia arriba, haciendo referencia al bloque de instalaciones, y a las salas que conforman dicho bloque.

1. Sala de climatizadoras, 395m².
2. Grupo de frío y bombas, 185m².
3. Centro de transformación 40,2 m².
4. Cuadro General Baja Tensión 48m².
5. Sala adicional de instalaciones 185m².
6. Grupo electrógeno 40,2m².
7. Patio técnico de instalaciones.
8. Sala de calderas + bombas 154,8m².
9. Terraza para instalaciones, grupo refrigerante 195m².
10. Terraza para instalaciones 195m².
11. Terraza para instalaciones 325m².



48. Salas de instalaciones correspondientes a los números 7, 11 y 8.

49. Plantas con la distribución del bloque de instalaciones.

5.4 Sistema de instalaciones.

En relación con el último punto desarrollado, pasamos a continuación a describir que tipo de sistemas son los que alberga el bloque de instalaciones, y como funcionan.

El sistema de acondicionamiento del edificio está basado en un sistema convencional de agua caliente mediante Gas Natural y un sistema de producción de agua fría que se fundamenta, a través de un acumulador de hielo, aprovechando la potencia frigorífica de las enfriadoras destinadas a la producción de hielo para las pistas, para la producción de ACS.

El sistema de producción de hielo, utiliza un sistema de tubos refrigerantes, que mediante un líquido (agua glicolada) que circula a temperaturas bajo cero a través de los mismos por la parte inferior de la pista. La distribución de agua fría y caliente por el edificio a los distintos equipos, se realiza mediante una distribución a cuatro tubos para el circuito de climatizadores y el circuito de fancoils, mediante grupos de bombeo de caudal constante, localizándose las bombas de circulación en la sala de máquinas de la planta sótano (cota -5,5m).

Las calderas (2 en total), se ubican en el bloque de instalaciones que ya hemos visto, junto a las bombas y depósitos de expansión (cota 3,3m).

La climatización de las distintas zonas del edificio se lleva a cabo mediante climatizadores (7 en total), apoyados en algunas áreas por fan coils, y el aire climatizado es conducido a los elementos terminales de distribución de aire a través de una red de conductos de chapa aislada.

5.4.1 Sistema de climatización y ventilación.

Como se ha señalado en varias ocasiones a lo largo del trabajo, las condiciones interiores de temperatura, especialmente en la zona de las pistas y todo el espacio alrededor de ellas, deben mantenerse en todo momento dentro de unos intervalos

para garantizar la calidad del hielo de pista. Una de las opciones que permiten llevar a cabo una mejor climatización y control de las distintas zonas, es la segmentación de los espacios en distintas zonas. Así, en el caso del Pabellón de Jaca, se decidió realizar la siguiente división en espacios climatizados:

- Pista central. Debido a que es la zona con mas demanda de climatización, la pista central tienen dedicada para ella sola, 2 climatizadores con sistema de calor/frío/recuperación de calor/free-cooling... que se encargan también de la ventilación de dicha zona. El aire, es conducido mediante una serie de conductos a los arcos principales de la estructura, que por su interior, transportan el fluido hasta la pista, a través de agujeros colocados estratégicamente en toda su longitud. El aire de impulsión se toma a través de un plenum directamente del ambiente exterior. El proceso de extraacción, se lleva a cabo mediante dos agujeros cubiertos por rejilla al borde de la pista, y otros seis mas en la parte inferior de las gradas.
- Pista multiusos. Utiliza un sistema similar al de la pista grande, pero con únicamente un climatizador.
- Zona de graderío. Sistema similar al de las dos pistas de hielo, con un climatizador dedicado a dicha zona. Impulsión a través de los arcos estructurales de cubierta.
- Áreas comunes del edificio (accesos, palco, control, prensa...): dichas zonas son climatizadas localmente por medio de unidades fan coil, ubicadas en el falso techo. El aire primario exterior es suministrado por un climatizador y conducido hasta las rejillas de descarga de aire, situadas convenientemente en paredes de las distintas zonas.
- Zona de vestuarios. Sistema similar al de la zona de graderío, con un climatizador dedicado.
- Vestíbulo principal. Dicha zona utiliza también un climatizador similar a los anteriores.

5.4.2 Sistema de producción de agua fría para pista de hielo y climatizadores.

El agua fría para climatización y la pista de hielo es producida por medio de dos enfriadoras (equipadas con dos compresores cada una), que producen agua glicolada (en una relación 70-30) a -12°C , con una temperatura de retorno de -9°C .

En el caso de Jaca, se dispuso de un sistema de recuperación de calor del agua de condensación, con unas temperaturas de $35-40^{\circ}\text{C}$, a través de un intercambiador de calor conectado a un circuito de aerorefrigeradores. La novedad del sistema utilizado en la instalación, es la introducción de dicho circuito. Hasta el momento, lo habitual era utilizar torres de refrigeración, pero la introducción de un circuito de este tipo, supone un gran ahorro del consumo de agua en comparación con las torres de refrigeración, además de requerir un mantenimiento mínimo.

Desde un depósito de inercia, en el cual el agua parte a -12°C , salen tres circuitos, uno en dirección al anillo de refrigeración de cada una de las pistas de hielo, y otro al depósito de hielo.

El depósito de hielo, es un elemento que sirve de apoyo a la instalación de climatización, permitiendo el ahorro de tener que colocar enfriadoras extra para el circuito de climatización (veremos su funcionamiento mas adelante).

El sistema de recuperación de calor, parte con una temperatura de salida del agua proveniente de la enfriadora de 40°C , pasando por un intercambiador que conecta con el circuito de aerorefrigeradores. A la salida del intercambiador, la temperatura del agua del circuito de aerorefrigeradores es de 38°C . El agua de condensación, a 40°C , es utilizada en la producción de ACS, llamando la atención como se lleva a cabo dicho proceso.

En la pista de nieve, con el desarrollo de la actividad deportiva, el roce de las cuchillas de los

patines sobre el hielo, produce el desprendimiento de este. Si la actividad es considerable, debe realizarse cada cierto tiempo, el proceso de pulido del hielo, mediante una máquina pulidora tipo Zamboni. Dicha máquina, se encarga además de pulir el hielo, de recoger el que se ha desprendido mientras se realizaba la actividad deportiva, que en este punto, ya se ha convertido en "nieve". Esta nieve proveniente de la pista, es llevada a un depósito llamado foso de nieve. En este foso, es vertida dicha nieve para su posterior precalentamiento para producir ACS, mezclándola con el agua caliente a 40°C proveniente del agua de condensación.

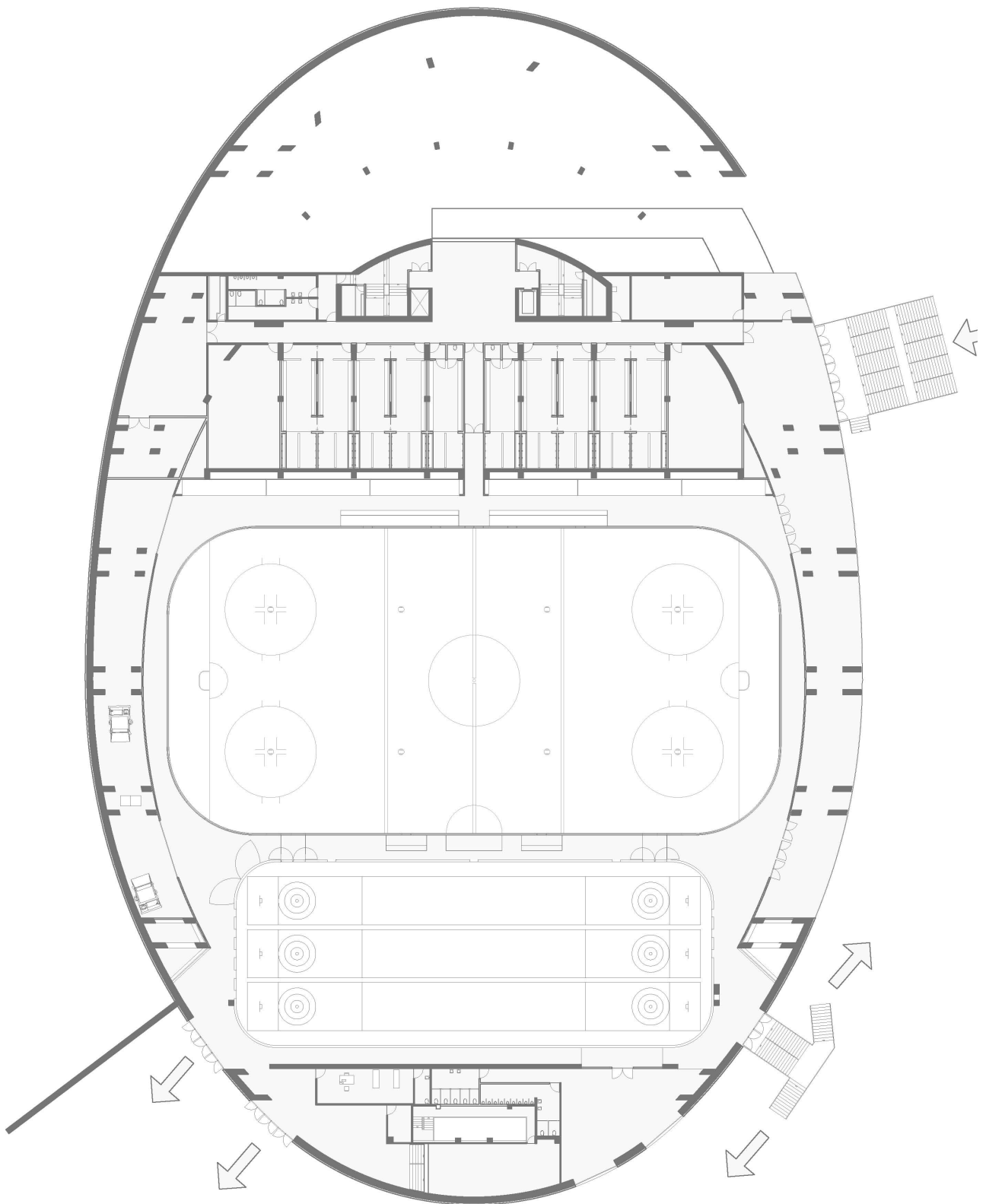
El circuito de refrigeración de la pista de hielo está formado por dos colectores, uno de impulsión y otro de retorno de diámetro 200 mm. Del colector de impulsión parte una red de tubos de polietileno, para la distribución de la solución de agua glicolada a una temperatura de -12°C . La temperatura de retorno será de -9°C . El diámetro de estos tubos es de 20 mm y la separación entre ellos de 100 mm. Esta red de tuberías cubre una zona de congelación de 60×30 m para la pista de competición y de 48×18 para la pista lúdica.

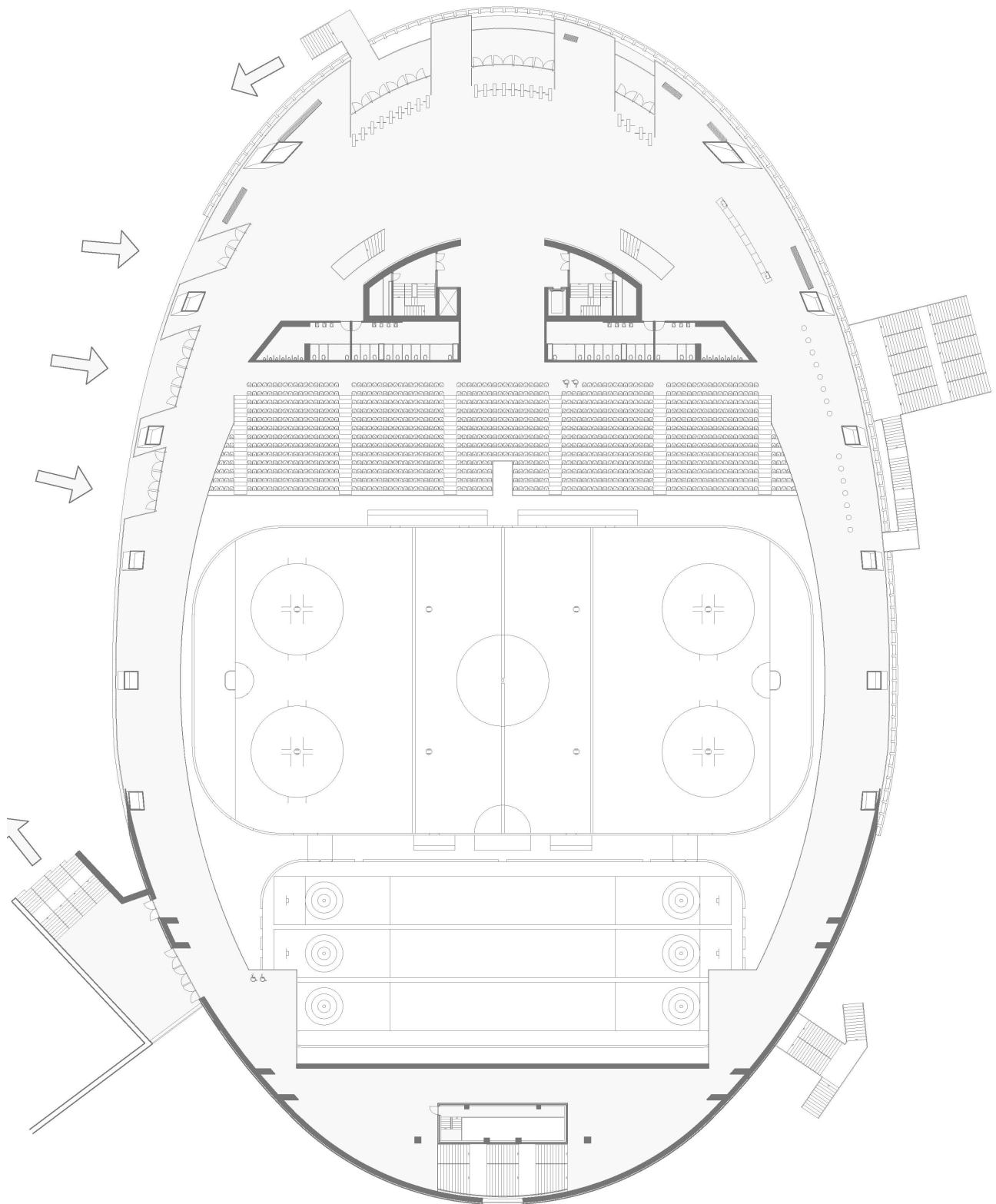
La distribución de agua fría hacia los circuitos de climatizadores y tan-coils parte del tanque de hielo. A partir de este punto, la instalación ya no trabaja con agua glicolada, y la temperatura de salida del tanque es de 1°C , mientras que la de retorno al tanque es de 7°C . Debido a estas temperaturas próximas a los 0°C , la instalación incluye un separador de hielo para evitar así el paso de hielo a la bomba o a los intercambiadores. En este separador de hielo entra el agua a 1°C , y los posibles cristales de hielo quedan en la parte superior del depósito, haciéndose la extracción del agua por la parte inferior y asegurando así la exclusión de hielo en el circuito posterior.

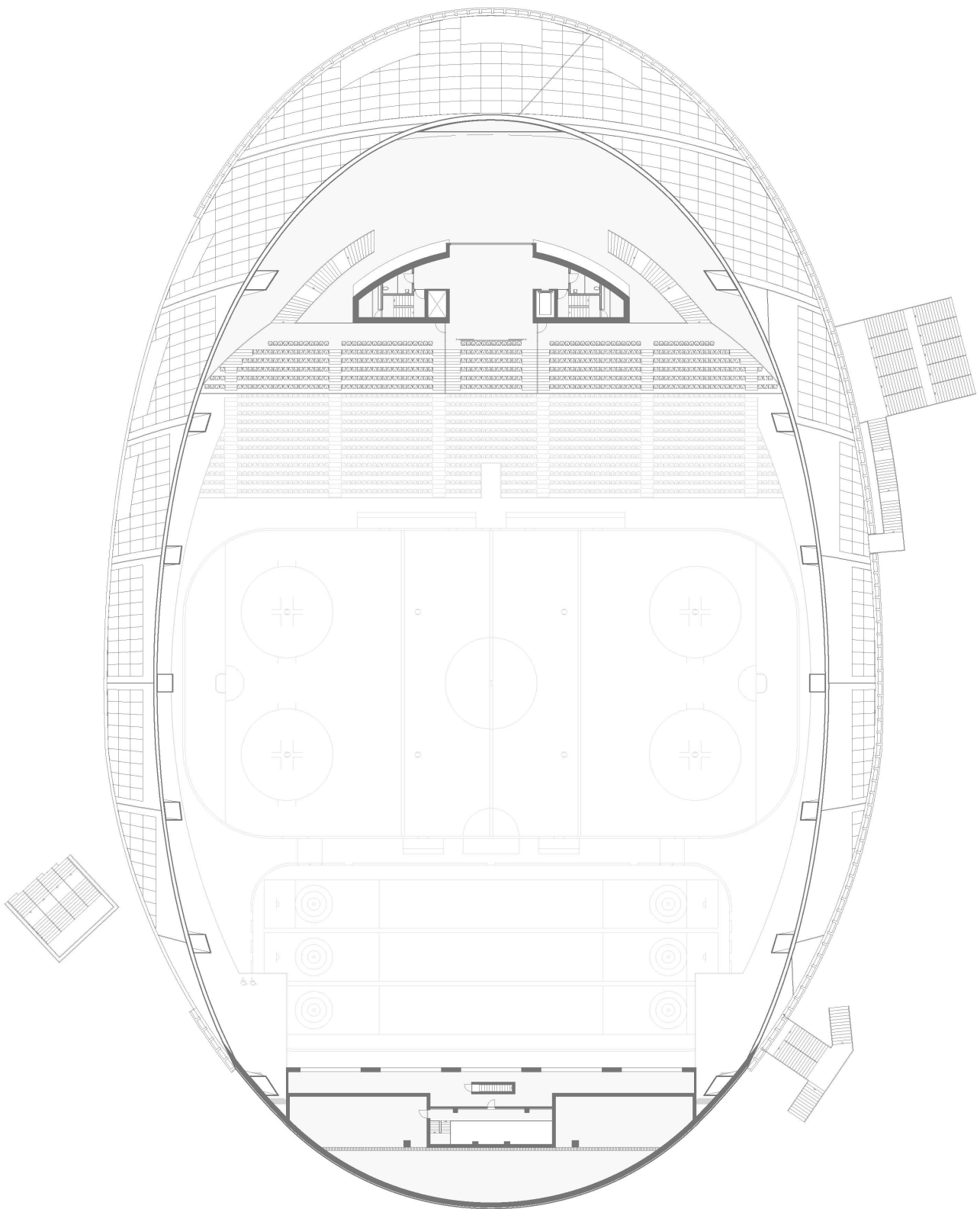
5.4.3 Sistema de agua caliente de climatización.

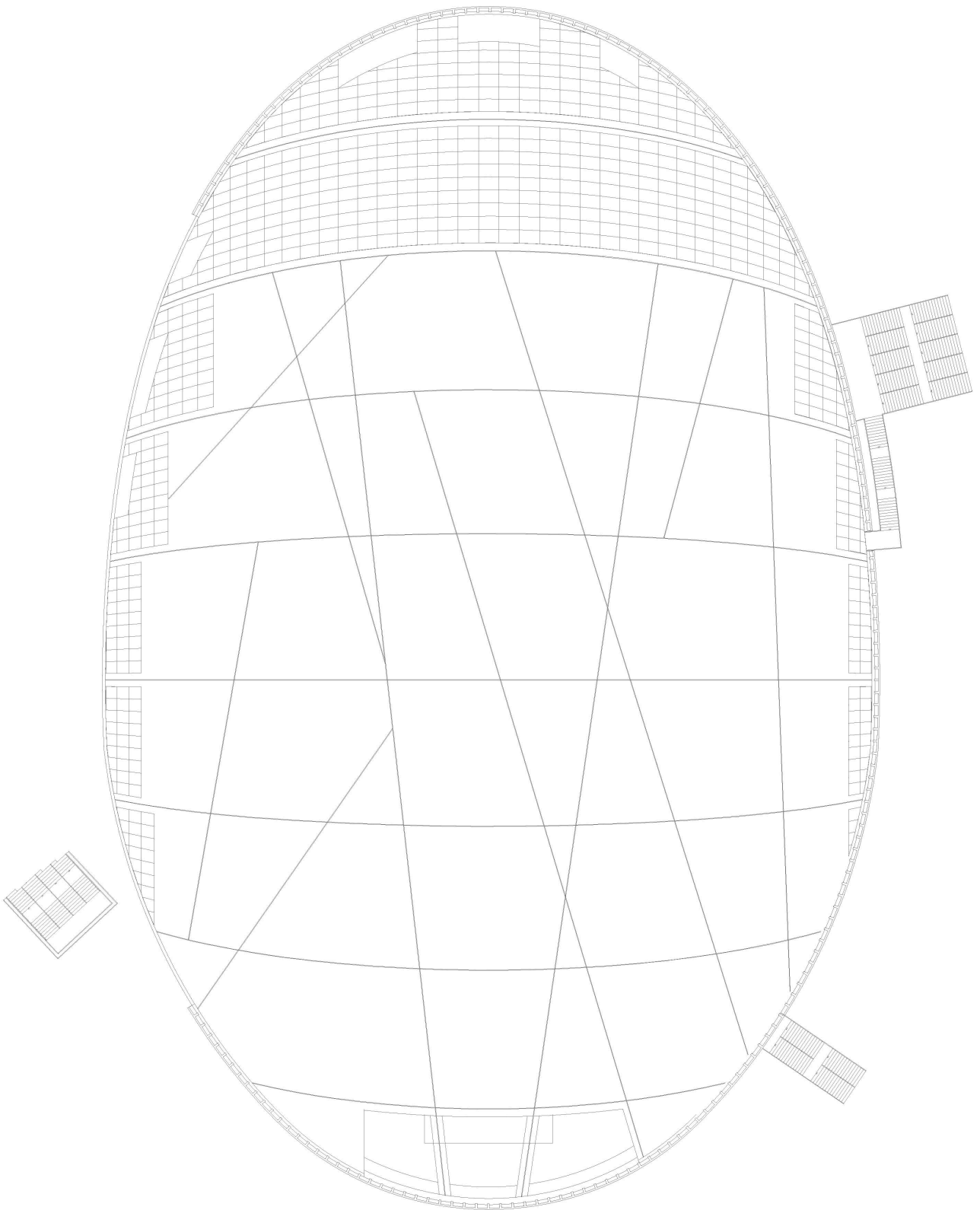
El agua caliente necesaria para la climatización es producida por medio de dos calderas de gas natural, ubicadas en la sala de calderas del edificio (zona oeste, nivel 3.30).

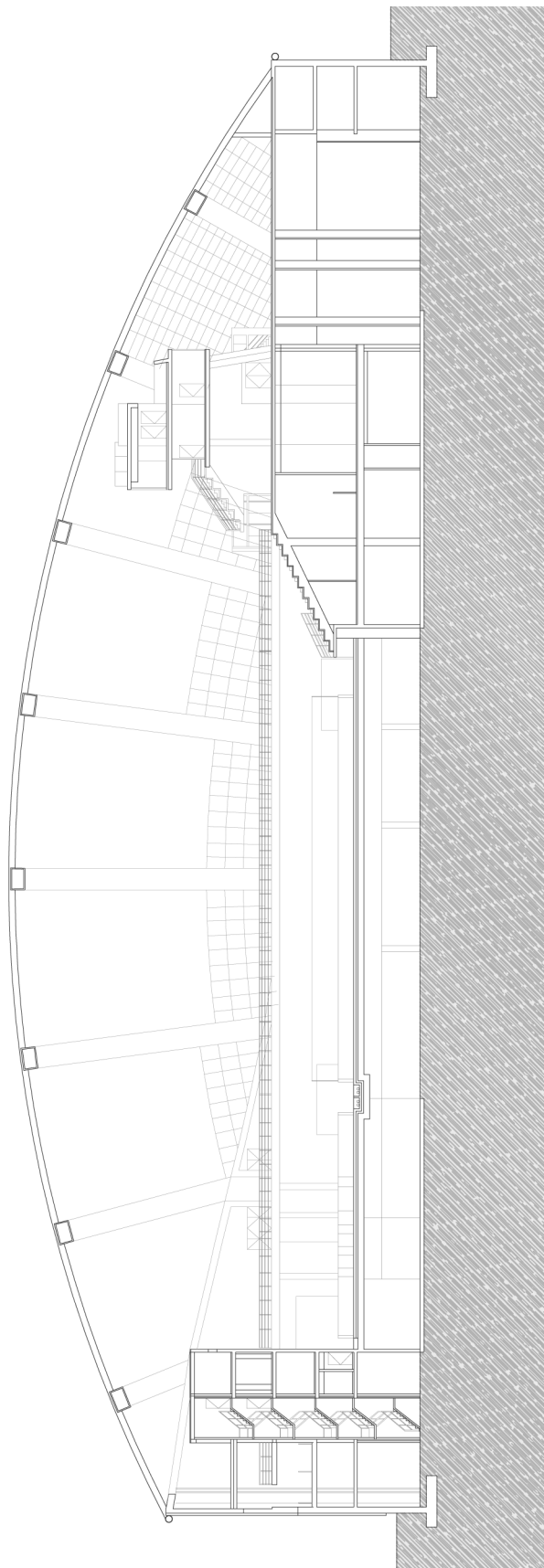
Las calderas han sido diseñadas para cubrir las demandas procedentes de los dos circuitos de climatizadores y el circuito de fan-cells, y producen agua caliente a 80°C con una temperatura de retorno de 60°C. El sistema de agua caliente se compone de circuito primario de caudal constante formado por, 2 bombas simples: una por cada caldera. y de cinco circuitos en el secundario, dos de ellos de caudal constante y los otros tres de caudal variable. Los circuitos de caudal variable corresponden a los circuitos de climatización y de tan-coils, y los de caudal constante, a los circuitos de postcalentamiento de ACS y de tratamiento de hielo.











REFERENCIAS

The evolution of ice rinks. Ted Martin, published in ASHRAE Journal, November 2004, American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Inc.

History of ice skating rinks. Ice and Refrigeration. Carpenter, M.R. 1941. July.

Skating A Brief History of Ice and The National Ice Skating Association of Great Britain, Denis L. Bird, NISA Archivist and Historian, NISA Online

Los Juegos. Las Olimpiadas En La Historia ISBN-10: 8441431779

SITUACION ACTUAL DE LA NORMATIVA SOBRE INSTALACIONES DEPORTIVAS EN ESPAÑA, Francisco Javier Yela del Rio, Arquitecto. Jefe del Área de Supervisión, Normativa y Homologación, Consejo Superior de Deportes

<http://www.pabellondehielodeleganes.es/>

Library of Congress Thomas Jefferson Building, Washington, D.C. Digital Edition

<http://www.arcspace.com/features/berger--parkkinen/ice-sports-center/>

<http://www.berger-parkkinen.com/>

<http://www.archdaily.com/416177/ice-rink-of-liege-l-escaut-architectures-be-weinand>

<http://www.escaut.org/>

Department of Natural Resources, "Comparative study of refrigeration systems for Ice Rinks" http://www.nrcan.gc.ca/sites/www.nrcan.gc.ca/files/energy/pdf/comparative-study-arenas_EN.pdf

<http://www.nrcan.gc.ca/>

<https://www.ashrae.org/>

Gerencia de Urbanismo del Ayuntamiento de Jaca.

ÍNDICE DE IMÁGENES

1. Evolución de los primeros sistemas de patines desde el 1800 a.C. a la actualidad. Recreación incluida en el artículo *Skating A Brief History of Ice and The National Ice Skating Association of Great Britain*, Denis L. Bird, NISA Archivist and Historian, NISA Online.
2. Southport Glaciarum. *Papers of Sir Isaac Holden (1807-1897) and Family, West Riding wool combers. University of Bradford.*
3. Elysium Rynk, Cleveland. *The Encyclopedia of Cleveland History.*
4. *Le Palais de la Glace* en París en una foto actual. Foografía <http://www.palaisdesglaces.com/>
5. Palacio de hielo de Madrid, 1922. Fotografía. artedemadrid.wordpress.com
6. Cartel de los Juegos Olímpicos de Invierno de 1924, Chamonix. Ilustración, Comité Olímpico Internacional.
7. Pista de hielo para patinaje de velocidad, en la inauguraci3n de los Juegos Olímpicos de Invierno de 1972, Sappor, Jap3n. Fotografía, Comité Olímpico de Jap3n.
8. Pista de medidas est3ndar 60x30 para la posible pr3ctica de Hockey, patinaje art3stico, patinaje de velocidad sobre pista corta o curling. Elaboraci3n propia.
9. Planta del "Ottawa Arena", 1907. <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Ottawa-Arena-Plan-1907.jpg>
10. Yale Whale, Planta a nivel de calle. Dibujo original del arquitecto Eero Saarinen, 1958. *Library of Congress Thomas Jefferson Building, Washington, D.C.* Digital Edition
11. Yale Whale, Secci3n longitudinal. Dibujo original del arquitecto Eero Saarinen, 1958. *Library of Congress Thomas Jefferson Building, Washington, D.C.* Digital Edition
12. Yale Whale, Secci3n transversal. Dibujo original del arquitecto Eero Saarinen, 1958. *Library of Congress Thomas Jefferson Building, Washington, D.C.* Digital Edition
13. Fotografía *Yale Whale. Library of Congress Thomas Jefferson Building, Washington, D.C.* Digital Edition
14. Pabell3n para deportes de hielo en Viena, Bergen + Parkkinen. Planta desde el 3ltimo nivel. Dibujo de <http://www.arcspace.com/features/berger--parkkinen/ice-sports-center/>
15. Pabell3n para deportes de hielo en Viena, Bergen + Parkkinen. Secci3n transversal principal. Dibujo de <http://www.arcspace.com/features/berger--parkkinen/ice-sports-center/>
16. Fotografía <http://www.berger-parkkinen.com/>
17. Fotografía <http://www.berger-parkkinen.com/>

18. Pista de hockey y piscina, Schultz Architekten, Colonia 2012, Alemania. <http://www.archdaily.com/502781/lentpark-schultz-architekten>.
19. *Ice Rink of Liège*, L'Escaut Architectures + BE Weinand, Liège 2012. Planta de <http://www.escaut.org/>
20. Sistema constructivo "tipo" para pistas de hielo, elaboración propia según normativa.
21. Composición de fachada metálica exterior de aluminio con índice de aislamiento K22. *Ice Rink of Liège*, L'Escaut Architectures + BE Weinand, Liège 2012. Planta de <http://www.escaut.org/>
22. Pabellón de Hielo de Jaca, sección por el graderío. Sección elaborada.
23. Esquema de transferencia de calor del sistema de refrigeración, elaboración propia según normativa.
24. Sistema de refrigeración semidirecto, con sistema de reaprovechamiento de energía mediante bomba de calor. Fuente: *Department of Natural Resources, "Comparative study of refrigeration systems for Ice Rinks"* http://www.nrcan.gc.ca/sites/www.nrcan.gc.ca/files/energy/pdf/comparative-study-arenas_EN.pdf
25. Sistema de refrigeración indirecto cerrado, con sistema de reaprovechamiento de energía mediante bomba de calor. Fuente: *Department of Natural Resources, "Comparative study of refrigeration systems for Ice Rinks"* http://www.nrcan.gc.ca/sites/www.nrcan.gc.ca/files/energy/pdf/comparative-study-arenas_EN.pdf
26. Sistema de refrigeración directo con sistema de aprovechamiento de energía para mediante climatización (bomba de calor) y producción de ACS. Fuente: *Department of Natural Resources, "Comparative study of refrigeration systems for Ice Rinks"* http://www.nrcan.gc.ca/sites/www.nrcan.gc.ca/files/energy/pdf/comparative-study-arenas_EN.pdf
27. Diagrama comparativo tras la incorporación de sistemas de recuperación de calor. Fuente: *Department of Natural Resources, "Comparative study of refrigeration systems for Ice Rinks"* http://www.nrcan.gc.ca/sites/www.nrcan.gc.ca/files/energy/pdf/comparative-study-arenas_EN.pdf
28. Situación del emplazamiento original del proyecto, fotografía aérea del año 2004. <http://idearagon.aragon.es/visor/#>
29. Estado final del emplazamiento, fotografía aérea del año 2009. <http://idearagon.aragon.es/visor/#>
30. El edificio con la roca Peña Oroel al fondo, fotografía panorámica. Fuente propia.
31. Fotografía interior Pabellón de Jaca. Fuente propia.
32. Pabellón de Hielo de Jaca, documento dwg archivo municipal del Ayuntamiento de Jaca. Editado por el autor del trabajo.
33. Pabellón de Hielo de Jaca, documento dwg archivo municipal del Ayuntamiento de Jaca. Editado por el autor del trabajo.
34. Pabellón de Hielo de Jaca, documento dwg archivo municipal del Ayuntamiento de Jaca. Editado por el autor del trabajo.

35. Sección de un toroide por plano horizontal, figura geométrica que adopta la cubierta del edificio.

36. Fotografía, Ayuntamiento de Jaca.

37. Pabellón de Hielo de Jaca, sección longitudinal. Elaboración propia a través de fotografías obtenidas del archivo municipal del Ayuntamiento de Jaca.

38. Detalle constructivo escala 1:15 del sistema de refrigeración con ida y retorno en arqueta. Elaboración propia a través de fotografías del archivo municipal del Ayuntamiento de Jaca.

39. Detalle constructivo 1:10 construcción pista de hielo Pabellón de Jaca. Elaboración propia a través de fotografías del archivo municipal del Ayuntamiento de Jaca.

40. Vista exterior de la cubierta, Ayuntamiento de Jaca.

41. Fotografía, fuente propia.

42. Fotografía, fuente propia.

43. Detalle constructivo de la membrana de cubierta. Elaboración propia a través de imágenes de <http://www.archdaily.com/17739/city-of-jaca-hockey-arena-coll-barreu-arquitectos>

44. Detalle constructivo de la membrana de cubierta. Elaboración propia a través de imágenes de <http://www.archdaily.com/17739/city-of-jaca-hockey-arena-coll-barreu-arquitectos>

45. Detalle constructivo de la membrana de cubierta. Elaboración propia a través de imágenes de <http://www.archdaily.com/17739/city-of-jaca-hockey-arena-coll-barreu-arquitectos>

46. Fotografía, fuente propia.

47. Fotografía, fuente propia.

48. Fotografías, fuente propia.

49. Pabellón de Hielo de Jaca, documento dwg archivo municipal del Ayuntamiento de Jaca. Editado por el autor del trabajo.

Las plantas finales del edificio han sido editadas por el propio autor del trabajo, a través de un archivo base dwg facilitado por el archivo municipal del Ayuntamiento de Jaca.