

UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO

BIOMECÁNICA Y ARQUITECTURA, SUS RELACIONES: CENTRO
DE ALTO RENDIMIENTO E INVESTIGACIÓN CIENTÍFICO - DE-
SPORTIVA PARA LA ALTURA

Pablo Esteban Dueñas Arízaga

Tesis de grado presentada como requisito para la
obtención del título de Arquitecto

Quito

Mayo de 2006

**Universidad San Francisco de Quito
Colegio de Arquitectura**

HOJA DE APROBACIÓN DE TESIS

**BIOMECÁNICA Y ARQUITECTURA, SUS RELACIONES: CENTRO
DE ALTO RENDIMIENTO E INVESTIGACIÓN CIENTÍFICO - DE-
PORTIVA PARA LA ALTURA**

Pablo Esteban Dueñas Arízaga

Arq. Hernán Castro
Director de la Tesis

Arq. Elena Garino
Miembro del Comité de Tesis

Arq. Igor Muñoz
Miembro del Comité de Tesis

Arq. Gonzalo Diez
Miembro del Comité de Tesis

Arq. Diego Oléas
Decano del Colegio de Arquitectura

Quito, Mayo de 2006

© **Derechos de autor**

Pablo Esteban Dueñas Arízaga

2006

A mi mamá y mis abuelas que siempre me apoyaron y me motivaron a seguir adelante.
A mis abuelos que están conmigo en espíritu
y que sé que están orgullosos de mi;
(Y Dale Quito Dale Abuelo!!!)
A Wilo mi amigo incondicional, que está siempre a mi lado y fue parte de este trabajo.
Y a Belén, mi novia, a quien amo muchísimo por ser quien me tuvo más paciencia en los momentos más difíciles.

RESUMEN

Este centro está planteado como una necesidad dentro del deporte ecuatoriano que les permitirá a los diferentes deportistas desarrollar al máximo su capacidad para poder participar con posibilidades de éxito en el concierto de los países más destacados del mundo. Además, servirá de investigación y desarrollo de deportistas extranjeros que deseen mejorar su desempeño deportivo en sus países, ya que la condición de altitud lo permite. Asimismo, puede ser una herramienta fundamental previa a competencias internacionales.

Considerando que el protagonista es el deportista de élite, este centro debe ser de excelencia y alto nivel, en el cual los más avanzados medios del entrenamiento deportivo serán aplicados a los deportistas de mayor calidad nacional e internacional.

Dentro del centro, existirán instalaciones provistas de la mejor tecnología para el análisis y estudio de la técnica deportiva así como también de la capacidad física de los deportistas.

Este centro tiene como objetivo principal mejorar los resultados deportivos en el mayor número de campos posible. Al reunir numerosas y diferentes especialidades deportivas se pueden compartir experiencias entre distintos deportes y también puede haber convivencia entre diferentes niveles de rendimiento. Igualmente, la arquitectura que presenta el centro se provee del mejor ambiente de entrenamiento para que el deportista se sienta cómodo practicando su disciplina deportiva.

La principal relación entre la biomecánica y la arquitectura es el tratamiento gráfico que se da a los resultados de las pruebas biomecánicas y cómo se puede transformar eso en forma y estructura. Entender al cuerpo humano como una estructura biológica que puede ser traducida en una estructura arquitectónica inspirada en sus formas. Además, arquitectónicamente se pueden expresar no solo sus formas, sino también sus tensiones y sus interacciones entre diferentes elementos, interpretándolos en un conjunto de espacios y formas generados a partir de la estructura.

ABSTRACT

The centre is developed due to the need among Ecuadorian sports to have this kind of facilities that will allow many athletes to grow at its best their sports ability in order to participate with great success against some of the world's best athletes. Besides, it will allow research and improvement in sports for foreign athletes that want or need to improve in order to have a better competition level in their own countries due to the altitude condition that facilitates this kind of practice. Therefore, it can become a very important part of a training program before any international competition.

Considering that the centre is focused on elite athletes it must be a high quality and excellent training complex in which the most advanced sports training equipment can be used by coaches and athletes of the best national and international standards.

In the centre there will be implements equipped with the most advanced technology for the research and analysis of sports techniques as well as the physical strength that athletes have doing many activities.

The main objective of the centre is to improve results in the biggest possible range of sports. Therefore, putting together many different sports in one place can result in sharing and learning lots of experiences from similar activities, and having motivation for spending time with more experienced athletes that can teach other to improve their level.

The main relation between biomechanics and architecture is the graphic nature that biomechanical test results have and how that can translate in architectural forms and structures. Understanding the human body as a biological structure that can be translated in an architectural structure based on its forms. Besides, architectonically speaking, there can be expressed not only its forms but also its tensions and interactions among the many different elements it has, understanding them as a group of spaces and forms generated from the structure.

CONTENIDO

1. Introducción	1
2. Deporte de elite	3
2.1. Deportistas de élite	3
2.2. Infraestructura necesaria para el desarrollo del deporte de élite	4
2.3. Materias que intervienen en el estudio del deporte	5
2.4. La biomecánica deportiva	6
2.5. Relaciones entre biomecánica y arquitectura	7
3. Centro de Alto Rendimiento e Investigación Científico-Deportiva para la Altura	10
3.1. Por qué entrenar en la altura?	11
4. Reseña Histórica	12
4.1. La Arquitectura Griega	12
4.2. La Arquitectura Gótica	13
4.3. La Revolución Industrial	14
5. Estructuras	16
5.1. Arquitectura y estructura	16
5.2. Cómo la estructura responde al sitio	17
6. Precedentes	19
6.1. Nicholas Grimshaw, "Terminal Internacional Waterloo", Londres, 1994.	19
6.2. Norman Foster, "Sede de la HSBC", Hong Kong, 1985.	20
6.3. Pier Luigi Nervi, "Palacio del Deporte", Roma, 1958-1960.	22
6.4. Decoi Architects, "ether/i" (escultura), Ginebra, 1995.	23

6.5. Northern Arizona University, "Centro para Entrenamiento en Altura". Flagstaff, AZ 1994.	24
7. Terreno y ubicación	25
7.1. Características del terreno	25
7.2. Análisis del lote	26
8. Bibliografía	29
9. Anexos	30

INDICE DE IMÁGENES

Imagen 01 – Vista exterior del Terminal Internacional Waterloo en Londres

Imagen 02 – Vista interior de la estructura y el techo curvo del Terminal.

Imagen 03 – Edificio de la sede principal de HSBC en Hong Kong.

Imagen 04 – Vista exterior del Palacio del Deporte donde se puede observar la estructura en forma de V.

Imagen 05 – Vista longitudinal de la escultura.

Imagen 06 – Detalle de la forma de la escultura.

Imagen 07 - Ubicación del Terreno.

Imagen 08 - Terreno y vías de acceso.

Imagen 09 – Modelo 3D del terreno.

Imagen 10 – Diagrama del asoleamiento del terreno.

1. INTRODUCCIÓN

“Arquitectura...es la cristalización de su estructura interior, el lento desplegar de la forma” – Ludwig Mies van der Rohe

DEPORTE DE ÉLITE

Los deportistas de élite son atletas que compiten a nivel internacional y que necesitan por ello un entrenamiento propicio para alcanzar el mismo nivel de otros atletas y ser altamente competitivos. Consecuentemente el atleta, requiere de instalaciones que vayan de acuerdo a la calidad y la técnica que busca desarrollar. Instalaciones que lo ayuden a mejorar constantemente su desempeño deportivo. Además, deberá contar en todo momento con los mejores recursos humanos y tecnológicos que proporcionen un adecuado estudio de la técnica deportiva.

La biomecánica deportiva es una de las ciencias que estudia el deporte debido a que involucra el análisis de las fuerzas internas y externas de los movimientos físicos en los organismos biológicos. También estudia cómo estas fuerzas inciden sobre los organismos biológicos. Es decir, estudia el movimiento corporal aplicando la física. El objetivo básico de esta ciencia es lograr que el deportista mejore su técnica deportiva y de esta forma elevar su rendimiento en la alta competición. Para esto se dispone de herramientas para el análisis cinemático¹ y cinético² del cuerpo humano.

¹ *Cinemática*: Parte de la física que estudia los movimientos de los cuerpos no considerando las causas que lo producen. (Nueva Enciclopedia Planeta)

² *Cinética*: Parte de la física que estudia los movimientos de los cuerpos a través del espacio. (Nueva Enciclopedia Planeta)

Esta ciencia nos da la pauta para darnos cuenta que el cuerpo humano es una estructura biológica compuesta de muchos elementos que forman una de las unidades más asombrosas de la naturaleza. Así la relación entre la biomecánica y la arquitectura se origina ya que las dos materias contemplan el estudio de estructuras. Tanto en la biomecánica se puede hablar de la estructura del cuerpo humano, como en la arquitectura se habla de estructuras que conforman cuerpos arquitectónicos.

El objetivo es llegar a una aproximación estructural y formal por medio del uso del cuerpo humano como base para su diseño. Por todo lo anterior se plantea como caso de estudio un Centro de Alto Rendimiento e Investigación Científico-Deportiva para la Altura. Este centro permitirá desarrollar varios conceptos arquitectónicos en la búsqueda de un progreso del deportista. En este desarrollo, el elemento más importante es la capacidad, resistencia y puesta al límite del cuerpo humano. Y más aún cuando se ha comprobado que el cuerpo puede llegar a límites más extremos en la altura que en el llano mejorando así su desempeño deportivo.

ARQUITECTURA Y ESTRUCTURA

La estructura en la arquitectura es producto de fases importantes de la concepción de una idea. El camino para lograr la cristalización de esa idea es el de dirigirse hacia la forma a través de la estructura, no con carácter exclusivo, sino como un alternar de estados de relación entre las dos.

Una aproximación estructural es la que dictará la forma fundamental del objeto arquitectónico; y estas formas a su vez serán las que conformen los espacios y su función. Pero sin embargo, no se los debe concebir al espacio, a la forma y a la estructura como elementos estáticos dentro de un cuerpo arquitectónico, sino más bien como elementos dinámicos que nacen de la idea de movimiento, y que al ejecutarse también generan movimiento y fluidez.

Estando este proyecto basado principalmente en el cuerpo humano pues es el objeto del deporte, se tomará en cuenta el movimiento de este y las relaciones e interacciones que sus diferentes elementos producen para generar la estructura y las formas que regirán al proyecto, logrando gran dinamismo y produciendo una interpretación del movimiento del cuerpo como el punto de partida para crear el objeto arquitectónico que abarcará al proyecto.

2. DEPORTE DE ELITE

2.1. Deportistas de Élite

A diferencia de los deportistas amateur, los deportistas de élite llegan a un nivel de esfuerzo del cuerpo mucho más alto. No se trata de sacar las máximas posibilidades a un suelo o un espacio, sino que lo que predomina por encima de cualquier consideración es que el cuerpo humano rinda el máximo esfuerzo posible. (Océano, 1988) Este tipo de deportistas, debido a su nivel, necesitan avanzados medios del entrenamiento deportivo ya que competirán tanto en el ámbito nacional como interna-

cional. Además, dadas las circunstancias actuales en el mundo deportivo, sólo mejorando la calidad se puede aumentar el rendimiento. Por lo tanto, se debe contar siempre con los mejores recursos humanos y tecnológicos que les permitan mantenerse a la par con la élite deportiva mundial.

2.2. Infraestructura Necesaria para el Desarrollo del Deporte de Élite

Para el mejoramiento del nivel deportivo, los deportistas necesitan de espacios que les provean de las herramientas necesarias. El espacio requerido, es un espacio donde puedan no solo practicar su técnica, sino donde también pueda ser estudiada. Lo ideal, es un conjunto de espacios que permitan darle al deportista todo lo necesario para su desarrollo.

En el ámbito deportivo, se necesitan varias etapas de desarrollo del deporte: la práctica, el estudio de la técnica, el probar la resistencia física, el estado de salud, la alimentación, la relajación muscular y la recreación. Este último como un ejercicio de descanso no solo físico sino mental del deportista ya que el profesionalismo de un atleta, va de la mano con su capacidad de concentración y su buen estado mental. Esto hace que en el momento de la práctica del deporte, se necesite mucha energía cerebral. Consecuentemente, se produce un cansancio mayor en el deportista que necesariamente debe ser recuperado entrando.

Para estudio de la técnica y la capacidad física es necesario contar con laboratorios adecuados que permitan su estudio. Los resultados de las pruebas de estos laboratorios ayudarán al deportista y su entrenador a corregir errores o a reforzar conocimientos a favor del desempeño deportivo.³

2.3. Materias que Intervienen en el Estudio del Deporte

El deporte al ser concebido como una ciencia, se lo puede dividir en diferentes ramas, cada una con una materia específica que aportará en su estudio. Como se dijo anteriormente, la infraestructura para el estudio del deporte ayuda a su desarrollo. Pero esta infraestructura no tendría ningún propósito si no va acorde con las materias que intervienen en el estudio del deporte.

Estas materias o campos de estudio son básicos en el deporte, a pesar de que no son únicas y se las usa también en otro tipo de disciplinas.

³ Entrevista con el Sr. Felipe Carrera, Técnico Deportivo.

Las materias son: fisiología⁴, morfología⁵, antropometría⁶, estadística, biomecánica⁷, psicología, espirometría⁸, nutrición y fisioterapia.

2.4. La Biomecánica Deportiva

La biomecánica, es la ciencia que estudia las fuerzas internas y externas de los movimientos físicos en los organismos biológicos, y cómo estas fuerzas inciden sobre los mismos. Es decir, estudia el movimiento corporal aplicando la física. También puede decirse que es una disciplina científica que estudia el movimiento humano y la técnica del deportista considerando los principios básicos de la mecánica y las características del aparato locomotor⁹. Además analiza las acciones motoras del deportista como sistemas independientes de movimientos activos recíprocamente relacionados. En ese análisis se investigan las causas mecánicas y biológicas de los movimientos y las particularidades de las acciones motoras que dependen de ellas en las diferentes condiciones.

⁴ *Fisiología*: ciencia que estudia las funciones y los cambios internos de los seres orgánicos. (Nueva Enciclopedia Planeta)

⁵ *Morfología*: parte de la biología que trata de la forma de los seres orgánicos y sus transformaciones. (Nueva Enciclopedia Planeta)

⁶ *Antropometría*: Ciencia que estudia las proporciones y medidas del cuerpo humano. (Nueva Enciclopedia Planeta)

⁷ *Biomecánica*: estudio de los movimientos mecánicos de los organismos vivos desde el punto de vista de la física. (Nueva Enciclopedia Planeta)

⁸ *Espirómetro*: aparato que sirve para medir la capacidad respiratoria de los pulmones. En el deporte, *Espirometría*: parte del deporte que estudia la capacidad física del cuerpo humano.

⁹ www.saludmed.com/CsEjerci/Biomecan/AnCinema.html

⁹ sportsciences.com/es/Ciencias_del_Deporte/Biomecanica/index.shtml

⁹ www.coldeportes.gov.co

El objetivo básico de esta ciencia es lograr que el deportista mejore su técnica deportiva y de esta forma, elevar su rendimiento en la competición. Para esto se dispone de herramientas para el análisis cinemático y cinético del cuerpo humano, que permiten estudiar la técnica individual de cada deportista, ajustando el análisis biomecánico a sus necesidades individuales. Los resultados de estos estudios, muestran cómo en los movimientos de la persona inciden fuerzas directa e indirectamente sobre las diferentes partes del cuerpo¹⁰.

2.5. Relaciones entre Biomecánica y Arquitectura

La biomecánica al ser una ciencia que estudia al hombre desde el punto de vista físico, puede abstraer al cuerpo humano y entenderlo como una estructura. Ésta sin embargo, es una estructura biológica compuesta de muchos elementos que generan diversos esfuerzos y tensiones al momento de realizar una actividad física.

Algunos términos utilizados arriba como: estructura, elementos, esfuerzos y tensiones, son términos que se usan mucho en la arquitectura. Aquí radica su principal relación. Entender al cuerpo humano como una estructura biológica que puede ser traducida en una estructura arquitectónica inspirada en sus formas. Además, arquitectónicamente se pueden expresar no solo sus formas, sino también sus tensiones y sus

¹⁰ www.hastc.nau.edu

interacciones entre diferentes elementos, interpretándolos en un conjunto de espacios y formas generados a partir de la estructura.

Se puede añadir también otro tipo de relaciones como la comparación que se puede hacer entre los resultados que la biomecánica devuelve en sus análisis, los cuales son de origen gráfico o físico, y la traducción de estos en elementos arquitectónicos.

Muchas de estas imágenes biomecánicas pueden ser entendidas como elementos que conforman estructuras. Se puede por ejemplo, entender los huesos del hombre como columnas y vigas que forman cuerpos. Los tendones pueden transformarse en tensores, ya que son una analogía válida debido a que su función es, en cierta medida, la misma. Los músculos pueden ser entendidos como membranas o cubiertas, debido a su semejanza por estar los dos compuestos de fibras.

Otro tipo de relación puede resultar de los estudios biomecánicos en la técnica de los deportes. Se puede tomar por ejemplo el movimiento de un atleta al correr. La técnica que debe tener al dar cada paso influyen de sobremanera en su desempeño en una carrera. Cuando el pie entra en contacto con el suelo, debe hacerlo de una manera específica y con un ángulo adecuado, de manera que permita dar el siguiente paso con la misma eficacia. Además, la manera de asentar el pie en el piso al momento de dar un paso al correr puede ser decisivo para evitar lesiones. Todo esto debido a que al correr entran en juego muchos esfuerzos que

las piernas deben soportar y que se superan de acuerdo al ángulo de llegada del pie al suelo.

Tomando el ejemplo del atleta corriendo. El dar el paso, soportar esfuerzos y pivotar para dar el siguiente, puede ser entendido como una columna inclinada, por ejemplo, que está anclada al piso por medio de un sistema pivotante que transfiere las cargas resultantes al suelo.

Otra fuerte relación entre la biomecánica y la arquitectura, es el ritmo. Muchas de las imágenes biomecánicas muestran secuencias de movimientos que crean ritmos. Por ejemplo, los nadadores tienen posiciones específicas de sus brazos en la técnica para dar brazadas. Estas posiciones pueden ser analizadas por medio de cámaras que proporcionan imágenes secuenciales y que sirven para corregir errores o imitar mejores técnicas de otros deportistas.

Estos ritmos y secuencias, se usan también en la arquitectura desde hace mucho tiempo. Una secuencia de elementos como columnas, vigas o planos, crean ritmos diferentes con los cuales se puede jugar para crear arquitectura. Pudiendo no solo ser repetición de elementos en la misma posición, sino también repetición de elementos cambiando de posición simulando una secuencia de algún movimiento específico.

3. CENTRO DE ALTO RENDIMIENTO E INVESTIGACIÓN CIENTÍFICO-DEPORTIVA PARA LA ALTURA

Este centro está planteado como una necesidad dentro del deporte ecuatoriano que les permitirá a los diferentes deportistas desarrollar al máximo su capacidad para poder participar con posibilidades de éxito en el concierto de los países más destacados del mundo. Además, servirá de investigación y desarrollo de deportistas extranjeros que deseen mejorar su desempeño deportivo en sus países, ya que la condición de altitud lo permite. Asimismo, puede ser una herramienta fundamental previa a competencias internacionales. Se ha demostrado con la práctica que un deportista del llano mejora su capacidad física y técnica al entrenarse y prepararse en la altura, sin embargo no existen pruebas médicas o científicas que lo confirmen dentro de un marco teórico.

Considerando que el protagonista es el deportista de élite, este centro debe ser de excelencia y alto nivel, en el cual los más avanzados medios del entrenamiento deportivo serán aplicados a los deportistas de mayor calidad nacional e internacional. Junto a esto, se debe contar con los mejores recursos tanto humanos como tecnológicos en todas las áreas del deporte.

Dentro del centro, existirán instalaciones provistas de la mejor tecnología para el análisis y estudio de la técnica deportiva así como también de la capacidad física de los deportistas.

Este centro tiene como objetivo principal mejorar los resultados deportivos en el mayor número de campos posible. Esto se lo consigue por medio de diferentes vías: las puramente tecnológicas o la educación global, y los centros de alto rendimiento brindan una buena combinación entre las dos. Al reunir numerosas y diferentes especialidades deportivas se pueden compartir experiencias entre distintos deportes y también puede haber convivencia entre diferentes niveles de rendimiento. Igualmente, podemos compartir y reunir los medios necesarios y con suficiente calidad para prevenir o disminuir riesgos asociados a la práctica del deporte de élite¹¹.

3.1. Por qué entrenar en la altura?

Cuando la presión del oxígeno en el cuerpo humano es más baja que cuando se encuentra a nivel del mar, se intensifica la habilidad del sistema cardiovascular de un atleta para poder llevar oxígeno a los músculos aeróbicos. De esta forma, las primeras reacciones a la falta de oxígeno por parte del cuerpo se duplican.

Lo primero en ocurrir es el aumento de la hemoglobina, la molécula que se encuentra en los glóbulos rojos que transporta el oxígeno. Este incremento permite a cada porción de sangre llevar más cantidad de oxígeno que lo usual. La segunda reacción es el aumento de enzimas y el incremento en la actividad del sistema metabólico encargado de extraer el oxígeno de la sangre para producir energía.

¹¹ www.grimshaw-architects.com

Debido a que largos periodos de actividad hace que se usen grandes cantidades de hemoglobina y enzimas aeróbicas, cualquier método mediante el cual se pueda incrementar estos componentes, como el de entrenar en la altura, resultará en una mejorada habilidad para realizar actividades aeróbicas, inclusive posteriormente a nivel del mar¹².

4. RESEÑA HISTÓRICA DE LA EVOLUCIÓN DE LAS ESTRUCTURAS

4.1. La Arquitectura Griega

Los arquitectos griegos no fueron, en el aspecto técnico, inventores, pero supieron conducir gradualmente su arte a las proximidades de la perfección. Siempre armonizaron estructura y función y llevaron a los límites de lo perfecto los más simples elementos de la construcción.

El aparejo de los muros era poligonal o irregular, lo que facilitaba la utilización de desechos de piedra. Estas piedras eran colocadas con mucha precisión pues los muros no poseían ningún mortero.

Los arquitectos griegos vinculaban los miembros de la estructura de piedra por medio de grapas y clavijas de hierro o de ciprés.

Sin embargo, a pesar del gran uso de diferentes materiales pétreos usados por los griegos, no lo usaban con fines estructurales únicamente,

¹² www.newitalianblood.com

pues la piedra se usaba tanto en los elementos que conformarían la estructura como en el resto. Este uso, tenía su lógica, pues los griegos desarrollaron su arquitectura a través del uso de la piedra con el afán de que los edificios, y principalmente las imágenes de cada edificio sean más perdurables que antes cuando se utilizaba la madera como sistema constructivo y de ornamento. (Moreux, 1968).

4.2. La Arquitectura Gótica

Los rasgos que caracterizan al estilo gótico son suficientemente conocidos: el arco apuntado, el arbotante y la bóveda de crucería; expresados principalmente en las famosas catedrales medievales.

Así, se puede dar por cierto que el objetivo principal de la bóveda gótica era el de dar la apariencia de ligereza ingrávida; es decir que, una vez más, se observa cómo la estética se impone sobre consideraciones meramente materiales.

En St. Denis es donde por primera vez aparecen este sinnúmero de innovaciones de carácter técnico y visual integradas en un solo sistema. Las bóvedas de crucería cubren las formas de los tramos y los contrafuertes sustituyen los macizos muros entre las capillas radiales. Los muros laterales han desaparecido por completo. Si no fuera por las bóvedas de cinco nervaduras, se tendría la impresión de penetrar a través de

un segundo deambulatorio con capillas de muy poca profundidad. La sensación que comunica el interior de la iglesia es de ligereza, de aire que circula libremente. Las partes ya no quedan separadas claramente unas de otras.

El griego, al contrario del estilo románico, está tan fundamentalmente apoyado en una colaboración entre el artista y el ingeniero, es decir, una síntesis de lo estético y lo técnico, que solo un hombre de profundos conocimientos constructivos pudo haber inventado el sistema. (Pevsner, 1994).

4.3. La Revolución Industrial

Los arquitectos y los ingenieros del siglo XIX, el gran siglo del hierro y del acero, no se han limitado exclusivamente a estudiar las posibilidades de utilización de estos materiales, sino que, tras un cierto periodo de transición, han tratado además de alcanzar obras de nivel artístico.

Los volúmenes y las estructuras creados por ellos representan conquistas tan originales y avanzadas que a nuestro siglo no le ha quedado prácticamente otra labor que la de poner a punto sus sistemas añadiendo un perfecto cumplimiento de la función estática.

Para entender plenamente la historia de las construcciones metálicas en la arquitectura del siglo XIX y las relaciones existentes entre construcción y forma convendrá hacer referencia a la evolución de los puentes metálicos.

La línea de desarrollo de construcción de los puentes pasaba de las estructuras de fundición utilizables dentro de unos límites muy restringidos, a ejecuciones combinadas con hierro, y finalmente, a las construcciones en acero con todas sus transformaciones, siempre procediendo de un modo paralelo al nivel alcanzado por la técnica siderúrgica y con el progreso de los métodos de producción industriales. Este proceso evolutivo se completó en un periodo de tiempo relativamente breve y obligó al constructor a una continua experimentación con materiales que encerraban nuevas posibilidades, pero también riesgos desconocidos. Se encontraban frente a cometidos para cuya solución el pasado no ofrecía ningún modelo.

La rapidez con la los ingenieros y arquitectos se adaptaron al progreso técnico en sus consideraciones estáticas y constructivas merece en la historia de las construcciones del siglo XIX un reconocimiento particular. (Pevsner, 1994).

5. ESTRUCTURAS

5.1. Arquitectura y Estructura

Según Norman Foster, la historia de la arquitectura, es la historia de la evolución de las estructuras. Esto quiere decir que ambas historias siempre estuvieron de la mano y lo siguen estando en nuestros tiempos. Foster señala que ninguna persona existiría hoy en día si es que no se hubiera tenido desde el principio un techo que nos proteja, un tipo de estructura que casi siempre damos por sentado.

También aclara, que la estructura de un edificio evidencia la forma en que éste fue realizado y todo el trabajo que requirió para este propósito. Además, la estructura como tal ha evolucionado al igual que la arquitectura y ha logrado ser un elemento que puede definir espacios en lugar de solo contenerlos o sostenerlos; es decir, ofrece una experiencia mucho más rica, debido a que ya no funciona solo estructuralmente sino también como un elemento visual importante. (Extracto de Conferencia: Exhibición Foster 10, Centro Cultural Century, Tokio, 1988.) (Powell, 1997).

Asimismo, la estructura y su tecnología pueden ser generadoras de arquitectura y le pueden agregar riqueza a los espacios. Un ejemplo es el Palacete de los Deportes de Pier Luigi Nervi donde la cubierta es formada por piezas prefabricadas de hormigón que encajan unas con otras

formando una membrana esférica y que se sostiene de columnas en forma de “Y” que se colocan en dirección tangente a la curvatura de la membrana. Todas estas piezas se hicieron específicamente para esta obra. En este caso, la forma de la cubierta es regida por estas piezas que no permiten encajarse de otra manera. (Pica, 1969).

5.2. Cómo la Estructura Responde al Sitio

Si bien la estructura nos propone una manera específica de trabajar, y tiene que estar realizada conforme a los requerimientos del proyecto; parte de estos requerimientos pueden incluir el apropiarse del sitio de un manera eficaz y coherente; y si no se contempla esta condicionante, el diseño deberían tomarlo siempre en cuenta, pues la respuesta de la estructura al sitio y su contexto, puede llegar a ser, en ocasiones, más importante que la relación con los espacios interiores.

Hay diversas formas en que la estructura puede responder e integrarse con el sitio, una es justamente esa, la integración. Ésta nos permite crear una estructura con formas tales que pasen desapercibidas exteriormente sin generar ningún impacto en el paisaje, sin dejar de actuar hacia el interior, y que logre que el edificio se introduzca sutilmente en el panorama. Esto lo podemos observar en la Century Tower de Tokio de Norman Foster, donde la estructura del edificio es muy prominente hacia el interior, pero exteriormente mantiene, en cierta medida, la escala de

los demás edificios circundantes insertándose en el perfil urbano. (Benedetti, 1996).

Otra manera de responder al contexto es la de interactuar con el mismo. Generar una estructura con formas que interpreten el paisaje circundante de tal manera de crear una contraposición de formas que interactúe con el observador y el usuario del edificio.

Finalmente, podemos nombrar a la negación del contexto. De esta forma podemos crear una estructura completamente contraria al paisaje y que le de la espalda completamente. Así, logramos que el observador aprecie la estructura creada, o bien el paisaje sin tomar en cuenta al edificio. De cualquiera de las dos formas, logramos que el edificio se destaque frente al paisaje.

6. PRECEDENTES

6.1. Nicholas Grimshaw, “Terminal Internacional de la Estación de Waterloo”, Londres, 1994.



Imagen 1

La característica más importante de este edificio es su techo curvo de vidrio de 400 metros de largo. El Terminal Internacional en la Estación de Waterloo provee un ambiente con calidad de aeropuerto al extremo londinense del tren Eurostar, el mismo que atraviesa el

Eurotúnel hacia París y Bruselas.

El largo de los trenes y el espacio ocupado por los cinco nuevos rieles dedicados exclusivamente al tren Eurostar en la estación existente, determinó la geometría del nuevo edificio, incluyendo el techo tan distintivo.

En contraste con otros techos curvos de vidrio como el Eden Project del mismo Grimshaw, el techo del Terminal Internacional en Waterloo fue diseñado para usar planchas de vidrio de tamaño estándar que se traslapan en sus juntas para poder acomodarse a la curva del techo.

Toda la estructura portante del vidrio es metálica, apoyada en una inmensa caja de hormigón en donde existen otras plataformas de trenes y parqueaderos. El trabajo de Grimshaw



Imagen 2

en combinar el metal con un techo curvo de vidrio, le da la riqueza espacial adecuada a un terminal internacional como el del tren Eurostar, y refleja una gran labor en el aspecto estructural en el cual está basado el edificio¹³.

6.2. Norman Foster, “Sede de la HSBC”, Hong Kong, 1985.

En 1970 la HSBC se dio cuenta de que su antiguo edificio construido en 1886 no era suficiente para su crecido personal que ya no solo se encontraba trabajando en aquel edificio sino también en muchas oficinas dispersadas por todo Hong Kong. Entonces en 1978 el viejo edificio se demolió y comenzó la construcción del actual edificio central por Norman



Imagen 3

¹³ www.hastc.nau.edu

Foster hasta su terminación en el año de 1985. Para esa época era el edificio más caro del mundo con un valor final total de USD 668 millones.

El nuevo edificio tiene 180 metros y 47 pisos de alto. Está concebido estructuralmente dentro de cinco módulos de acero y aluminio prefabricados en Inglaterra y enviados a Hong Kong para su posterior colocación en el edificio. Cada uno de estos módulos se subdivide en cuatro módulos más pequeños que consisten en dos torres de cuatro columnas cada una y que desde su punto más alto cuelgan, a través de tensores, columnas más pequeñas que a su vez sostienen las vigas donde se asientan las diferentes losas del edificio.

Además, este fue uno de los primeros edificios en no contar con elevadores como su principal elemento de circulación vertical, pues estos son de servicio “expres” y se detienen únicamente en ciertos pisos principales. Para poder acceder a los demás pisos, la gente debe tomar escaleras eléctricas que están regadas por todo el edificio y éstas son las que se convierten en el elemento principal de circulación vertical. (Benedetti, 1996).

6.3. Pier Luigi Nervi, “Palacio del Deporte”, Roma, 1958-1960.

En realidad se trata de un moderno anfiteatro cubierto, destinado a competiciones deportivas y fácilmente adaptable a la esgrima, el boxeo, la lucha grecorromana, el levantamiento de pesas, el tenis, el baloncesto, y excepcionalmente, también a espectáculos teatrales y conciertos. Los asientos que son 16 000, se disponen en dos órdenes de graderíos, a las que accede el público por medio de 12 escaleras exteriores que dan a la primera galería perimetral y al primer orden, y, por medio de escaleras interiores, se llega al segundo orden. La cúpula de forma esférica tiene un diámetro de cerca de 100m; carga sobre los cimientos a través de un sistema de 48 pilastras de hormigón armado inclinadas según la



Imagen 4

resultante de las cargas. La cúpula está formada por nervaduras radiales prefabricadas de hormigón armado, con sección en V completada por una cubier-

ta superior de 9cm de espesor. El complejo constituye un sistema resistente hiperestático porque la cúpula puede hallar teóricamente una condición de estabilidad, sea como membrana, sea como conjunto de nervaduras-arcos capaces de absorber aisladamente las sollicitaciones exteriores. Cálculos de verificación han asegurado el predominio del comportamiento como membrana. La cúpula tiene iluminación natural por medio de una claraboya central. La pared perimetral, cilíndrica, está

enteramente acristalada. Para el anfiteatro, Nervi había estudiado una cubierta plana sobre vigas radiales, solución descartada por resultar menos económica que la cúpula. (Pica, 1969).

Este proyecto pone de manifiesto la afición a la tecnología de Nervi, fabricando estas nervaduras y pilastras igualmente en serie para abaratar costos y construirlo más rápido. La forma en los dos proyectos es básica, una cúpula. La intención era salvar la luz de más de 80m en el primer caso, y de cerca de 100m en el segundo, de la forma más eficiente; por lo tanto, la cúpula es el elemento más simple y lógico que puede resolver el problema.

6.4. Decoi Architects, “ether/i” (escultura), Ginebra, 1995.

Concebido para el 50o aniversario de las Naciones Unidas en Ginebra, el proyecto representa un movimiento congelado en el tiempo de una danza a dúo. Es una captura de movimiento en un instante.



Imagen 5

Materializado como una doble superficie de aluminio armado con diferentes piezas crea dualidades entre la estructura y la superficie, entre lo pasivo y lo agresivo. Además la pieza es un muy fuerte ejemplo del potencial que nos ofrece el diseño generado por computadora. Los 4000 componentes diferentes de la pieza están cortados y soldados con

milimétrica precisión demostrando la capacidad de la tecnología utilizada.



Imagen 6

Es una pieza que a pesar de ser llevada a cabo con mucha tecnología, se basa en el principio de dos cuerpos moviéndose con mucha armonía y sincronización natural que tiene el cuerpo humano¹⁴.

6.5. Northern Arizona University, “Centro para Entrenamiento en Altura”. 1994.

Este centro posee una ubicación geográfica inmejorable para entrenar en un ambiente adecuado (2100 m.s.n.m). Ofrece desde lo mejor en instalaciones deportivas de entrenamiento hasta los mejores servicios de análisis de resultados y un equipo de asistencia médica completo. Además el centro provee todos los componentes necesarios para el entrenamiento en altura para que los atletas se concentren únicamente en su preparación.

Desde su apertura en 1994, el Centro para Entrenamiento en Altura ha albergado en sus instalaciones a más de 4500 atletas de 39 diferentes

¹⁴¹⁴ www.newitalianblood.com

países, los cuales han ganado 191 medallas olímpicas y de olimpiadas especiales desde 1996.

La dedicación que el centro ha tenido siempre para con sus deportistas se ha extendido hacia el movimiento olímpico de Estados Unidos. Designado como un “Sitio Oficial de Entrenamiento Olímpico” por el Comité Olímpico de Estados Unidos, el centro provee recursos clave para el desarrollo a largo plazo de los atletas con el único objetivo de que se conviertan en los mejores a nivel mundial. Más del 75% de los equipos que han pasado por estas instalaciones han regresado más de una vez. Asimismo el centro, en asociación con el Comité Olímpico de Estados Unidos, produce una serie de congresos, seminarios y charlas para entrenadores, deportistas y científicos deportivos¹⁵.

7. TERRENO Y UBICACIÓN

7.1. Características del Terreno

Para un centro de este tipo, las características necesarias del terreno son simples pero primordiales.

- Debe estar en una franja entre los 1800 m.s.n.m. y los 2600 m.s.n.m.
- Preferiblemente fuera o en la periferia de la ciudad.

¹⁵ www.hastc.nau.edu

- Debe contar con un clima frío-templado y con un nivel de humedad de cerca del 60%.
- La accesibilidad no tiene que ser muy grande, debido a que el centro no tendrá un flujo continuo de gente, y éste no será diario. Además, los deportistas llegarán al centro mayoritariamente en buses de la federación o asociación a la que pertenezcan, lo que reduce el tránsito vehicular. Los atletas permanecerán dentro del centro concentrados y por varios días, lo cual resulta en un tránsito aún menor y con menos frecuencia.
- La calidad del aire debe ser muy buena, lo más puro posible.
- El viento es un elemento a tomar en cuenta. El viento interfiere mucho en el rendimiento y las pruebas del estudio del deporte, sobretodo los ejercicios que tienen que ver con la velocidad o el lanzamiento de objetos. Lo ideal es que el centro contenga espacios cerrados en su totalidad, a pesar de que esto puede variar si las condiciones de viento lo permiten.

7.2. Análisis del Lote

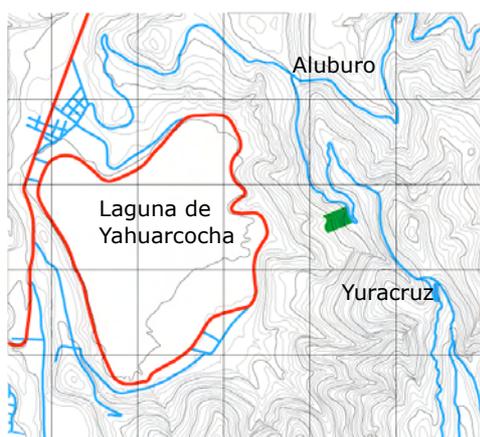


Imagen 7

El lote elegido de casi 6 has. se encuentra a 10 Km de la ciudad de Ibarra en las laderas de la Loma Pucará a un costado de la Laguna de Yahuarcocha. Es un terreno de 200 m de ancho por 300 m de largo y que tiene un desnivel de 110 m aproxi-

madamente. Está en la parte posterior a una zona arqueológica y no es propiedad privada de ningún tipo. Además, al encontrarse fuera del límite urbano, no se encuentra bajo ninguna normativa de construcción. La población más cercana es la parroquia de Aluburo que está a dos kilómetros. La única vía de acceso es la ruta Aluburo-Yuracruz y es de 5 m de ancho.

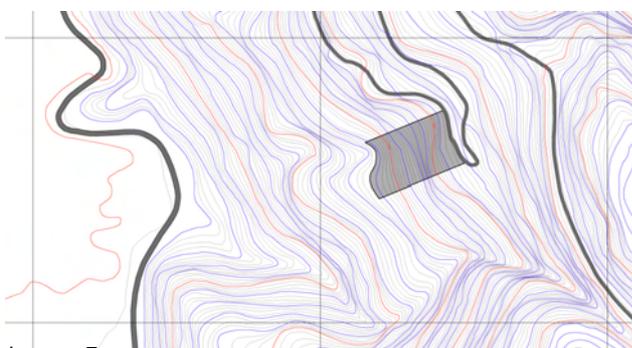


Imagen 7

A escasos 800 m hacia el este aproximadamente, existe un tanque recolector y distribuidor de agua potable para este sector rural

de la ciudad de Ibarra. Asimismo, a menos de 1 kilómetro hacia el sur pasa una línea transmisora de energía eléctrica. Estos dos servicios básicos pueden ser fácilmente llevados hasta el lote elegido para el posterior desarrollo del proyecto.

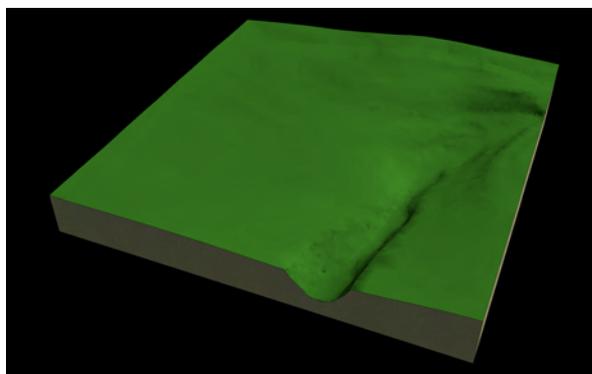


Imagen 9

El terreno posee una pendiente de más o menos 15% en promedio. Tiene un clima frío y húmedo con una temperatura promedio en el año de 14-16° C. El suelo es arcillo-

so y su nivel freático se encuentra por debajo del nivel de la laguna, por lo tanto no es un problema en el lote.

El asoleamiento en el sitio es muy bueno durante todo el año, especialmente la segunda mitad pues se tiene sol directo. La primera parte del año, el sol se recibe muy poco debido a que la ladera superior cubre al lote de los rayos solares.

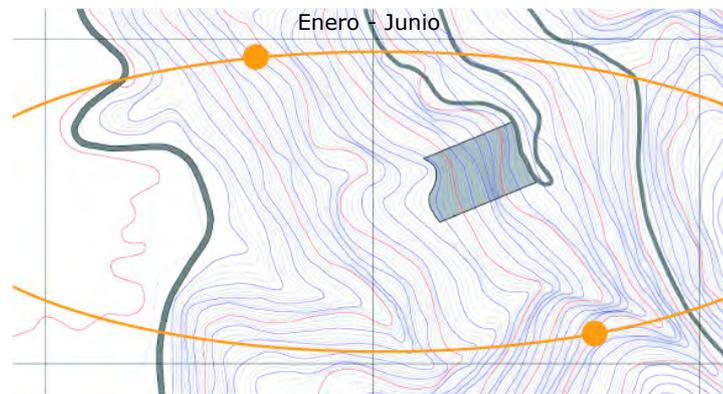


Imagen 10

8. BIBLIOGRAFÍA

- BENEDETTI, Aldo. "Norman Foster: Obras y Proyectos". Barcelona: Gustavo Gili. 1996.
- BLASER, Werner. "Mies van der Rohe". Barcelona: Gustavo Gili, 1977.
- MOREUX, Jean-Charles. "Historia de la Arquitectura". Buenos Aires: Editorial Universitaria, 1968.
- OCÉANO, Editorial. "Enciclopedia Autodidáctica Océano". Barcelona: Océano. 1988.
- PEVSNER, Nikolaus. "Breve Historia de la Arquitectura Europea". Madrid: Alianza, 1994.
- PICA, Agnoldoménico. "Pier Luigi Nervi". Barcelona: Gustavo Gili, 1969.
- POWELL, Kenneth. "Foster Associates: Recent Works". Londres: Academy Editions, 1992.
- www.coldeportes.gov.co
- www.grimshaw-architects.com
- www.hastc.nau.edu
- www.newitalianblood.com

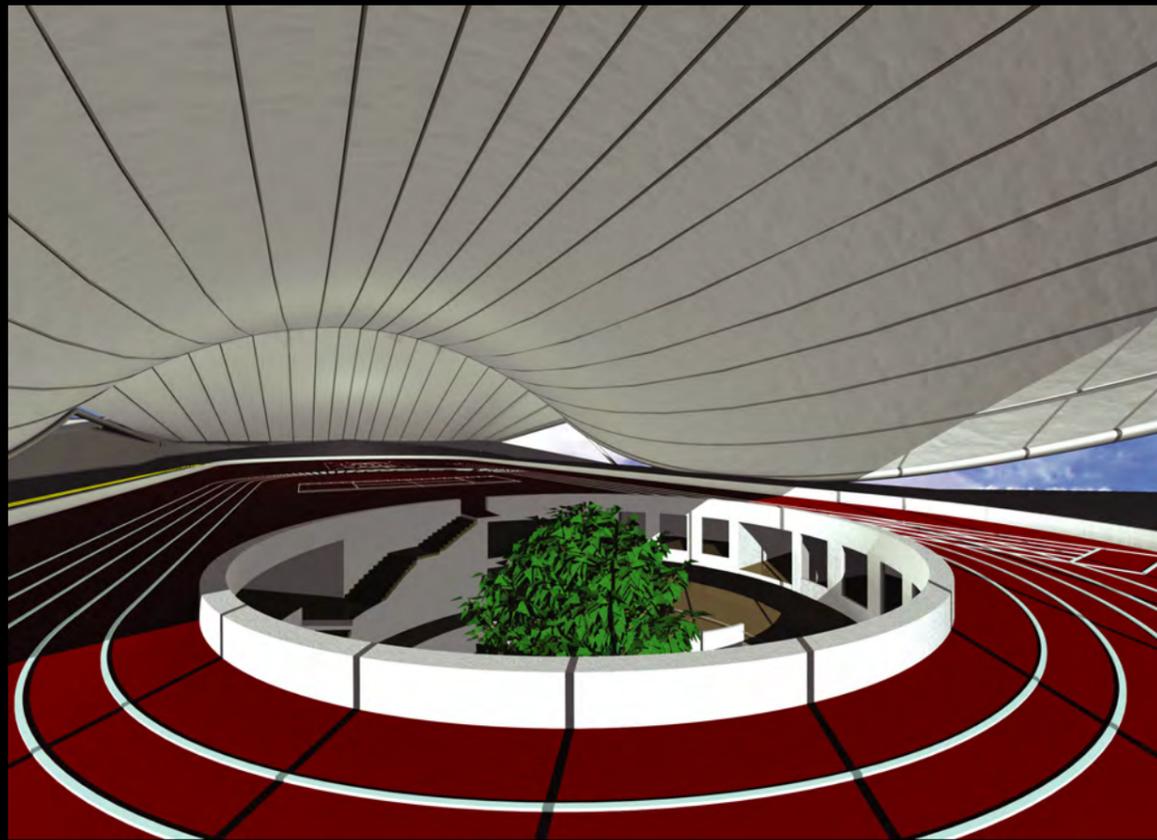
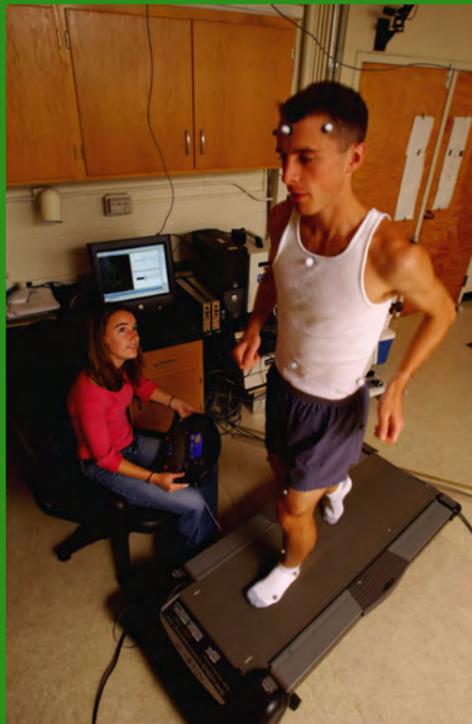
9. ANEXOS

Laminas y dibujos de presentación

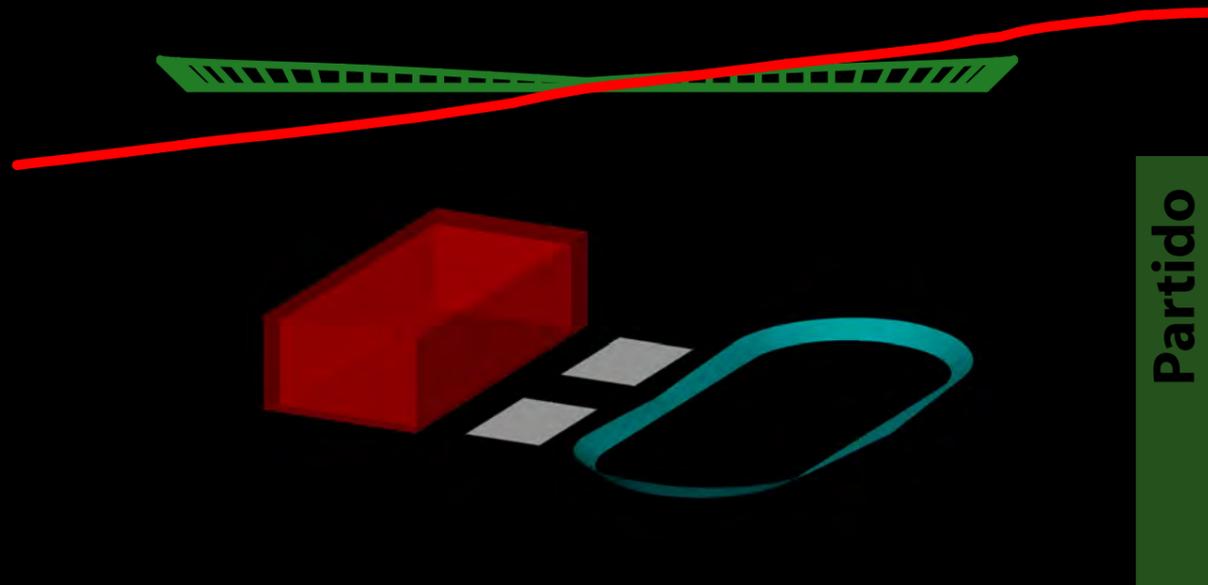
Centro de Alto Rendimiento e Investigación Científico-Deportiva para la Altura

Biomecánica

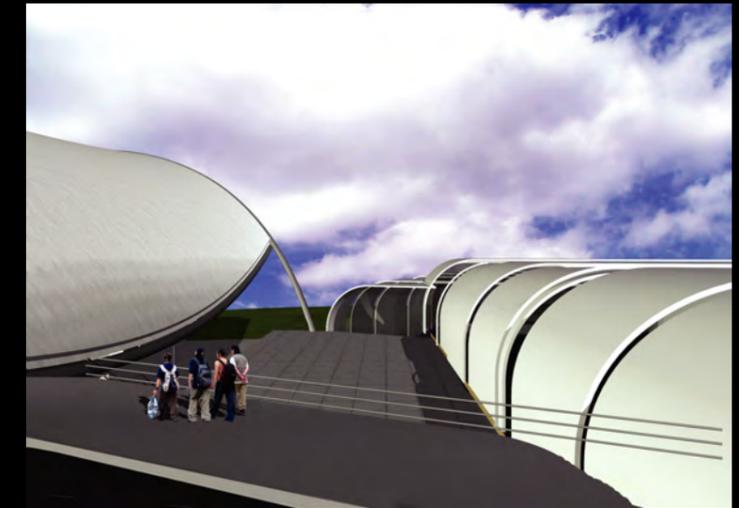
La biomecánica, es la ciencia que estudia las fuerzas internas y externas de los movimientos físicos en los organismos biológicos, y cómo estas fuerzas inciden sobre los mismos. Es decir, estudia el movimiento corporal aplicando la física. Es además una disciplina científica que estudia el movimiento humano y la técnica del deportista considerando los principios básicos de la mecánica y las características del aparato locomotor. En relación con el deporte analiza las acciones motoras del deportista. En ese análisis se investigan las causas mecánicas y biológicas de los movimientos y las particularidades de las acciones motoras que dependen de ellas en las diferentes



Debido a la pendiente del terreno y a las características programáticas, se decidió generar dos volúmenes. El primero sería el que contenga el área más grande del programa, el velódromo incrustado en el terreno hasta la mitad, además de todas sus áreas más directamente relacionadas, y otro volumen que contenga el resto de áreas que por sus características técnicas necesitaban grandes luces y alturas. Por esta razón éste último se lo conceptualiza a manera de un contenedor de planta libre para lograr la mayor amplitud en el espacio interior.



Partido



Por qué entrenar en altura?

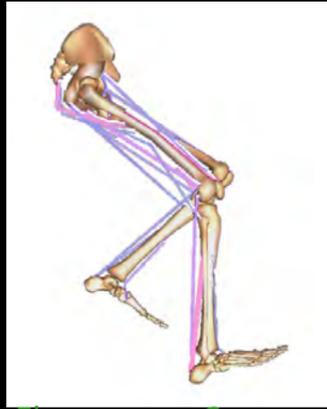
Cuando la presión del oxígeno en el cuerpo humano es más baja que cuando se encuentra a nivel del mar, se intensifica la habilidad del sistema cardiovascular de un atleta para poder llevar oxígeno a los músculos aeróbicos. De esta forma, las primeras reacciones a la falta de oxígeno por parte del cuerpo se duplican.

Lo primero en ocurrir es el aumento de la hemoglobina. Este incremento permite a cada porción de sangre llevar más cantidad de oxígeno que lo usual. La segunda reacción es el aumento de enzimas y el incremento en la actividad del sistema metabólico encargado de extraer el oxígeno de la sangre para producir energía.

Debido a que largos periodos de actividad hace que se usen grandes cantidades de energía, cualquier método mediante el cual se pueda incrementar estos componentes, como el de entrenar en la altura, resultará en una mejorada habilidad para realizar actividades aeróbicas, inclusive posteriormente a nivel del mar.



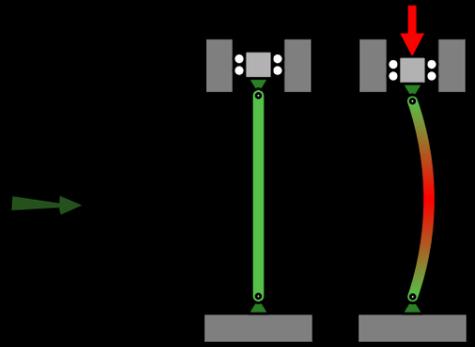
El cuerpo humano funciona igual que una estructura arquitectónica y utiliza los mismos principios con los elementos del esqueleto. Los huesos son elementos que funcionan a compresión y los tendones y músculos trabajan a tracción, generando el esfuerzo suficiente para poder realizar prácticas deportivas de alta



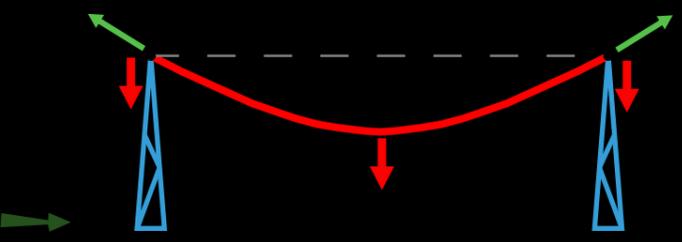
Elementos a Compresión



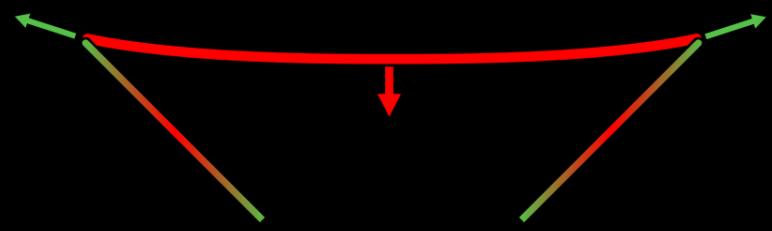
Elementos a Tracción



Resistencia a una fuerza de compresión

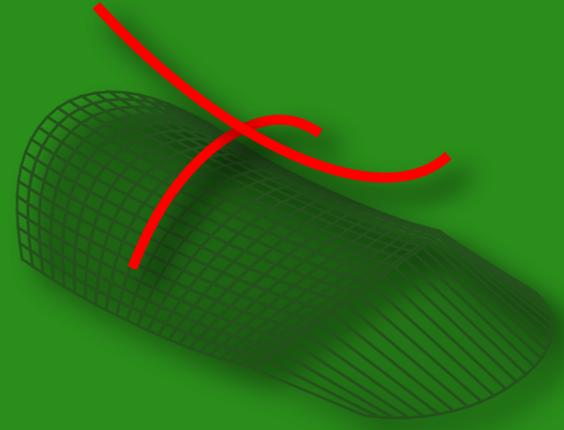


Resistencia a una fuerza de tracción

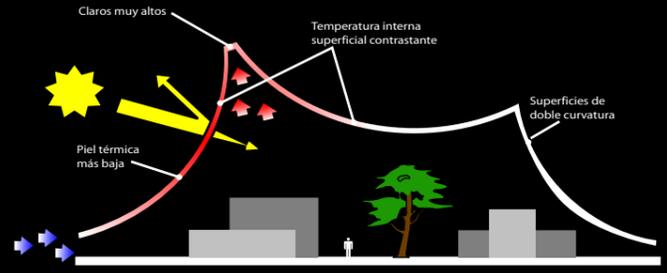


Estructura armada en base a elementos de tracción y compresión. Las fuerzas se anulan debido a la tensión del cable que es equivalente al peso de las columnas.

Volumen 1



Las Cubiertas textiles, óptimas para este tipo de estructuras, deben poseer una doble curvatura para lograr rigidez

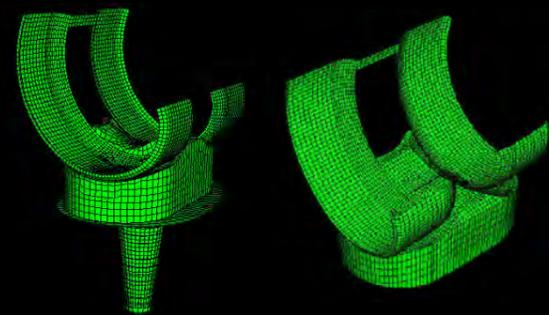


Las cubiertas textiles ofrecen una gran ventaja cuanto a climatización.

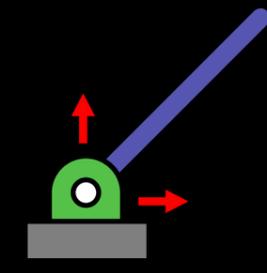
Volumen 2



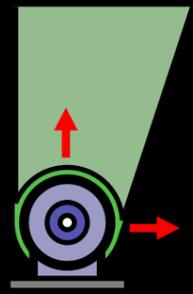
La rodilla humana, posee una junta que permite que las fuerzas se disipen de acuerdo a su intensidad. Esto porque los huesos no están precisamente unidos sino solo asentados el uno en el otro logrando que haya amortiguamiento al momento de aplicar una fuerza.



Prótesis de rodilla usadas en medicina

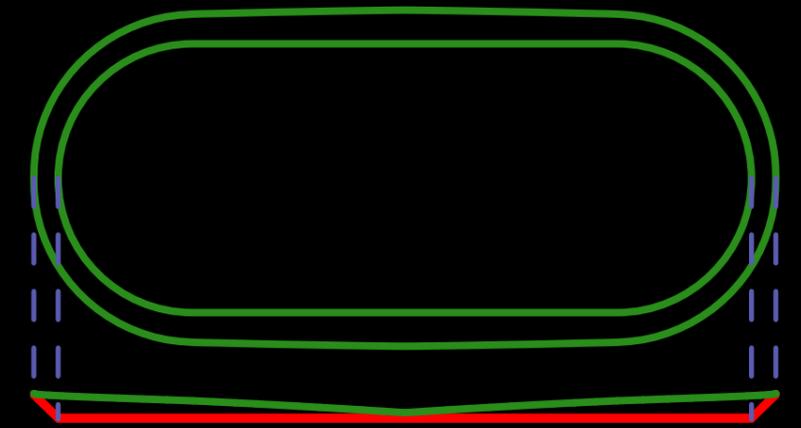


Las juntas de rótula en estructuras, funcionan de la misma forma al disipar los esfuerzos

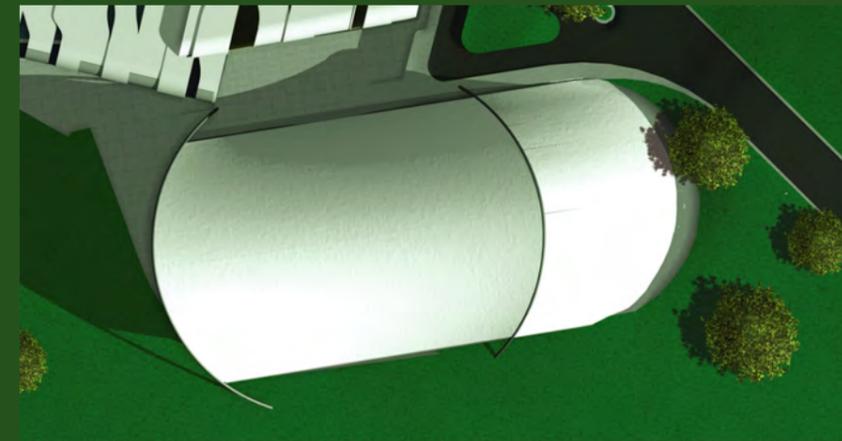


Velódromo

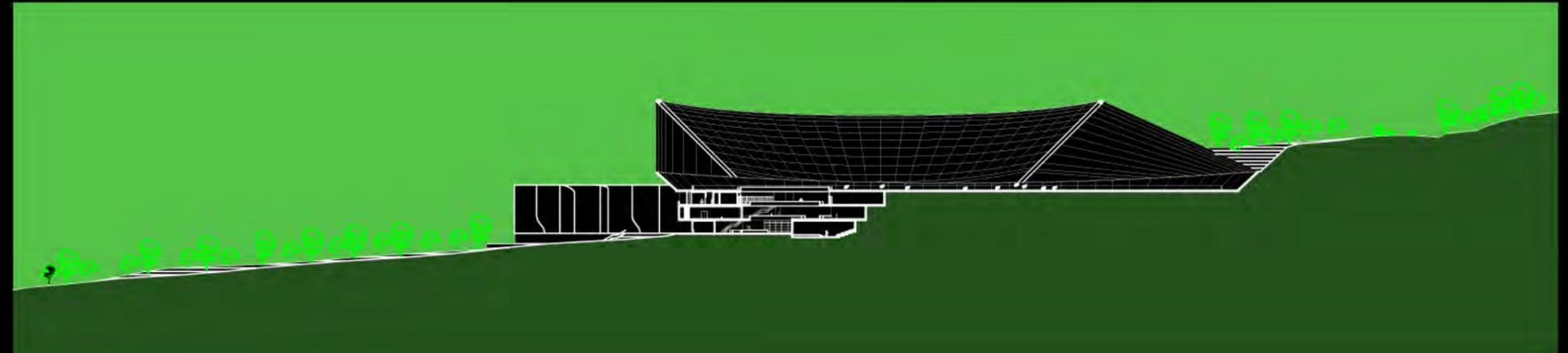
En cuanto a la forma del volumen principal, se tomó en cuenta la forma básica de la pista ciclística, aprovechándola tanto en planta como en corte. El óvalo que se tiene en planta posee un espacio muy grande en medio que se aprovechó para colocar otros requerimientos programáticos. En corte, la curvatura del peralte que debe poseer una pista de este tipo permitía una interesante figura para generar el volumen.



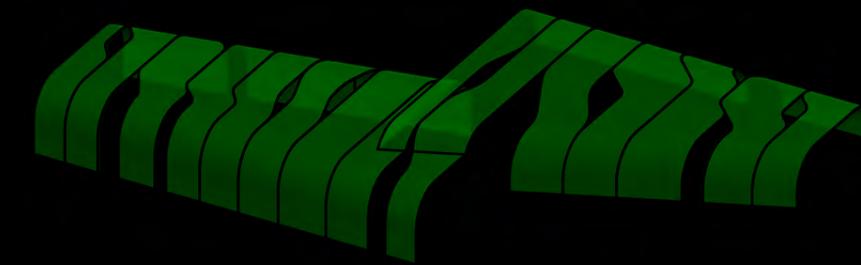
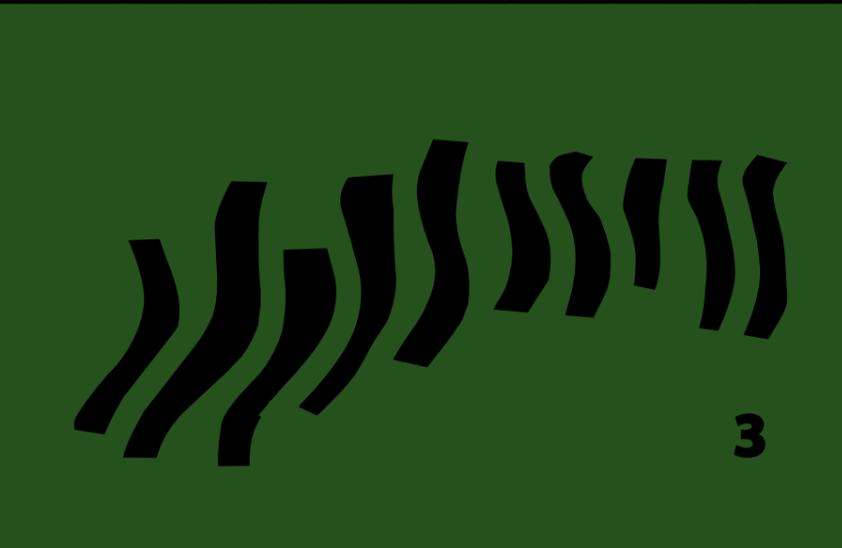
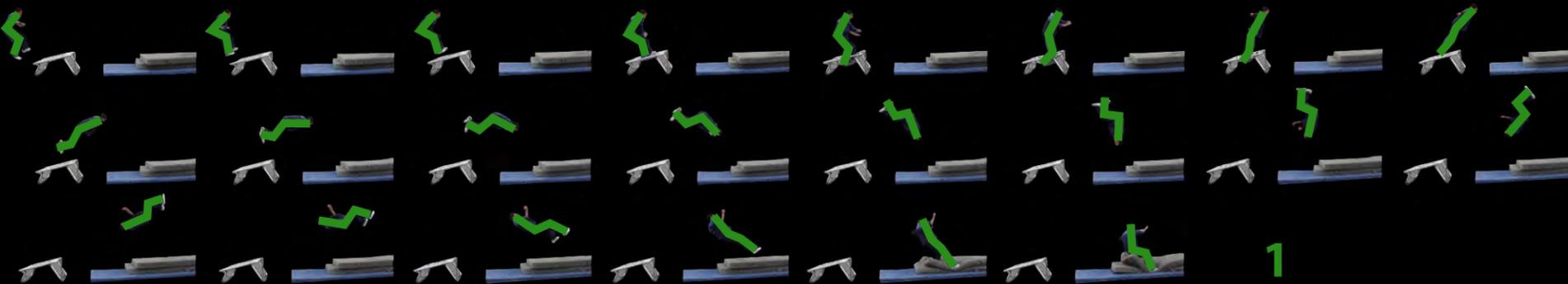
Principios Formales



Detalle de Cubierta



Corte Longitudinal

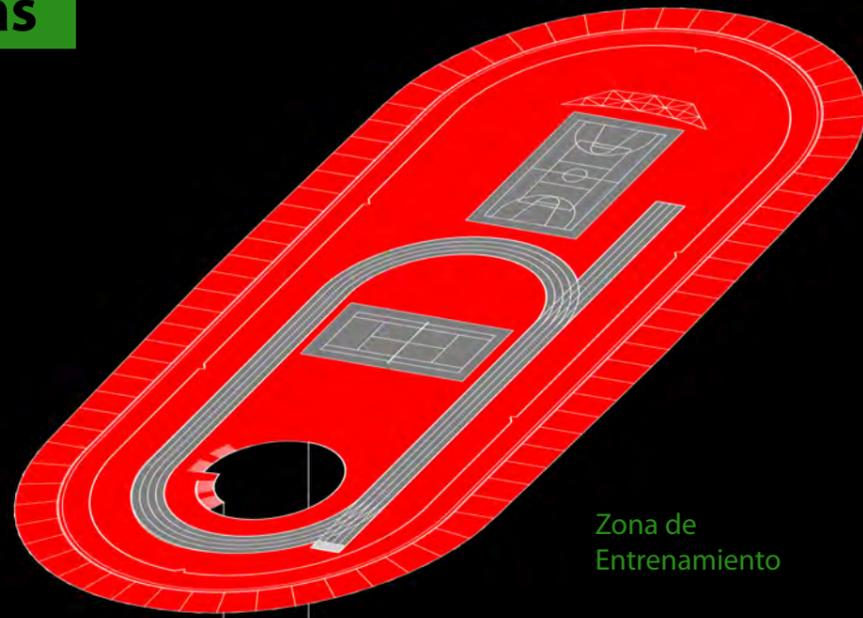


El contenedor que también forma parte del proyecto abarca las áreas del gimnasio y la piscina, además del laboratorio de agua y el área de fisioterapia y rehabilitación. Estos dos espacios principales necesitan de grandes luces y alturas por las actividades que ocurren dentro. Precisamente de un ejercicio de gimnasia olímpica parte la idea del contenedor. La secuencia del salto mortal se la abstraer y transforma en una serie de pasos para lograr estas formas que componen el edificio. Asimismo, esta serie de cintas y sus diferentes pliegues logran iluminar los espacios interiores a través de ranuras entre ellas.

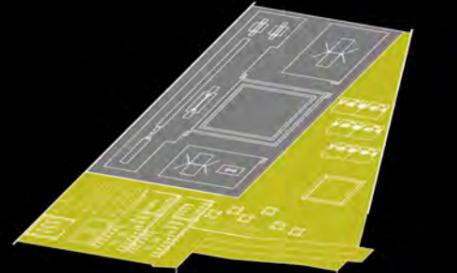
Gimnasio y Piscina

Biomecánica y Arquitectura: Sus Relaciones

Plantas



Gimnasio y Rehabilitación



Zona de Entrenamiento



Zona de Descanso y Recreación

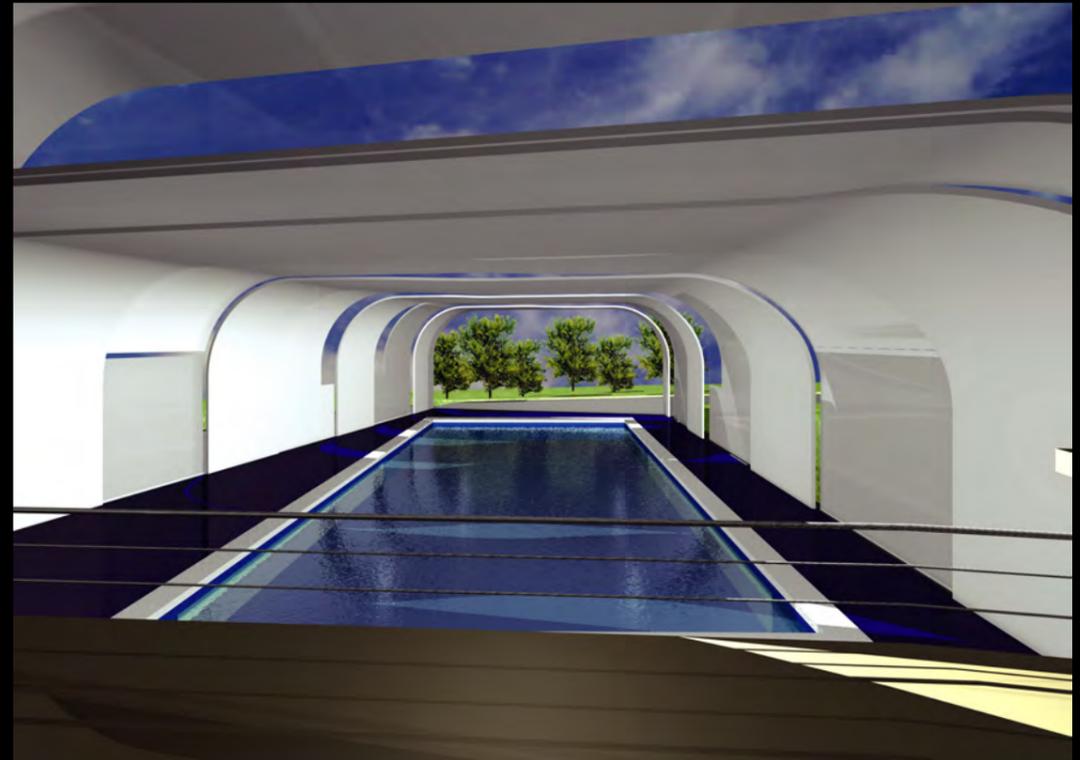
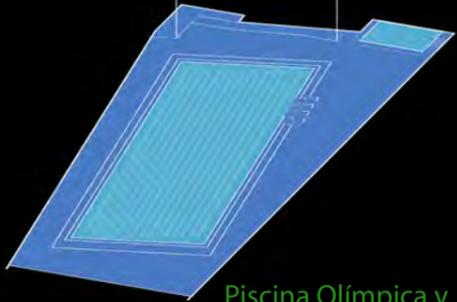


Zona Pública y de Investigación

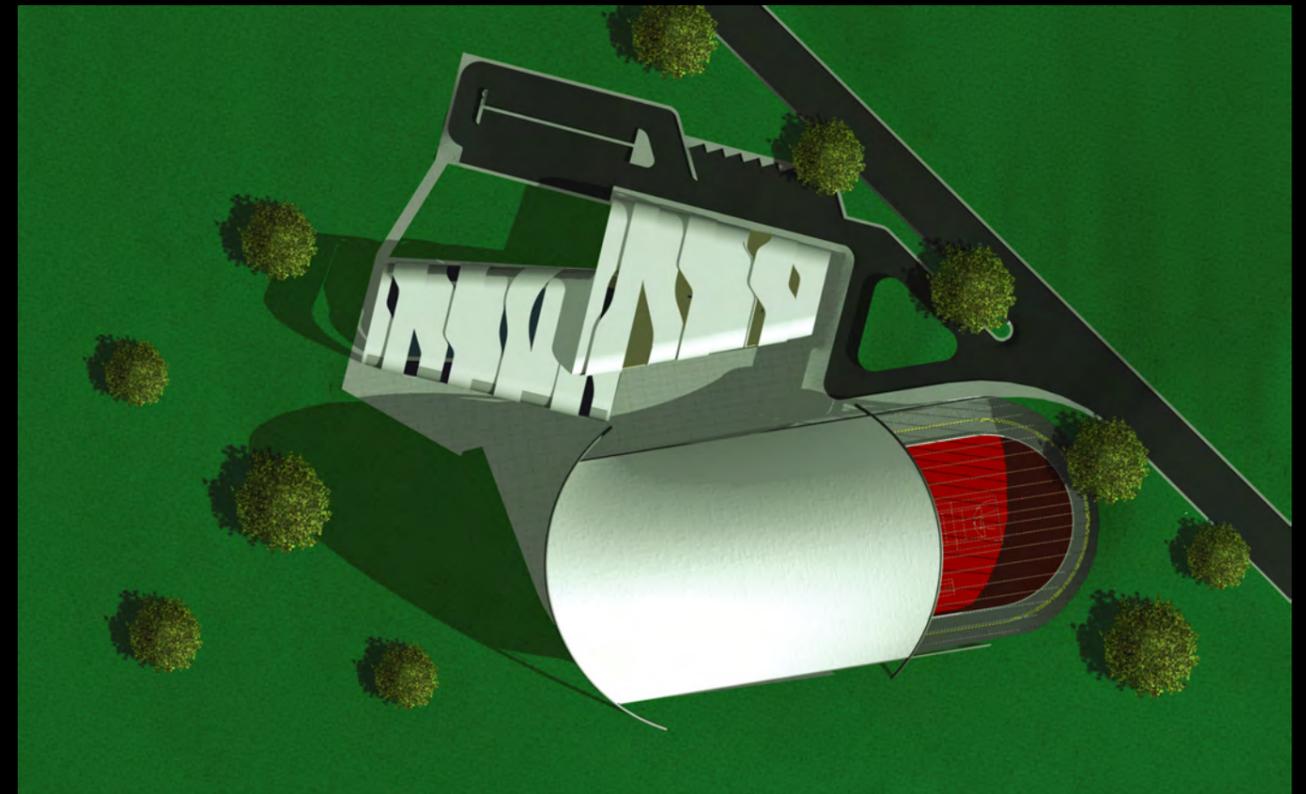
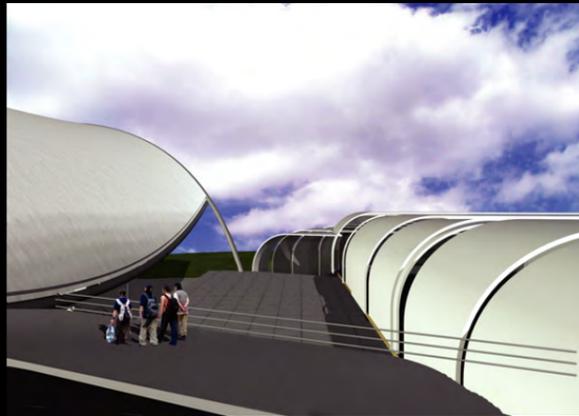


Zona Académica

Piscina Olímpica y Laboratorio de Agua



Vista Interior Piscina

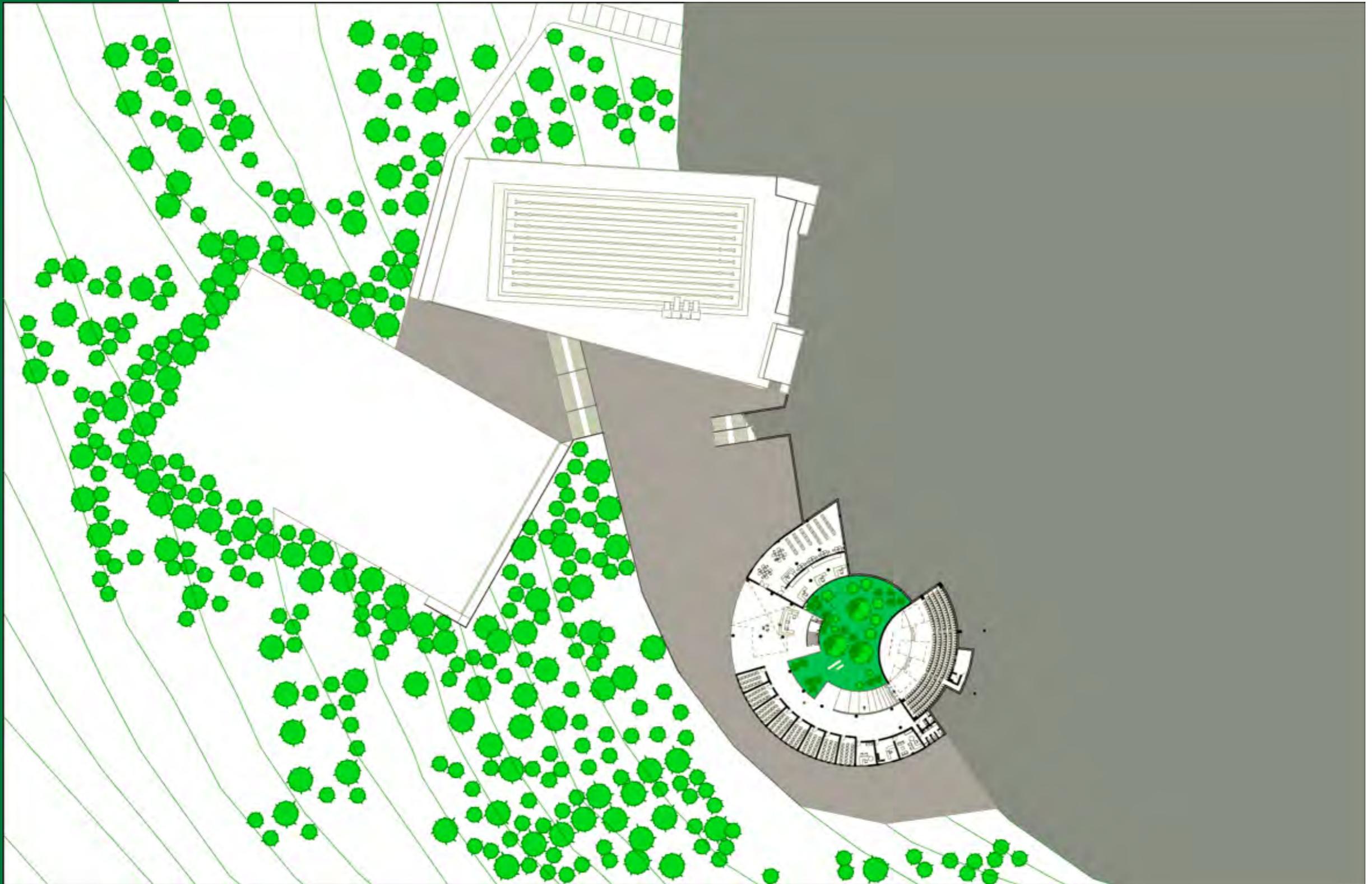


Implantación

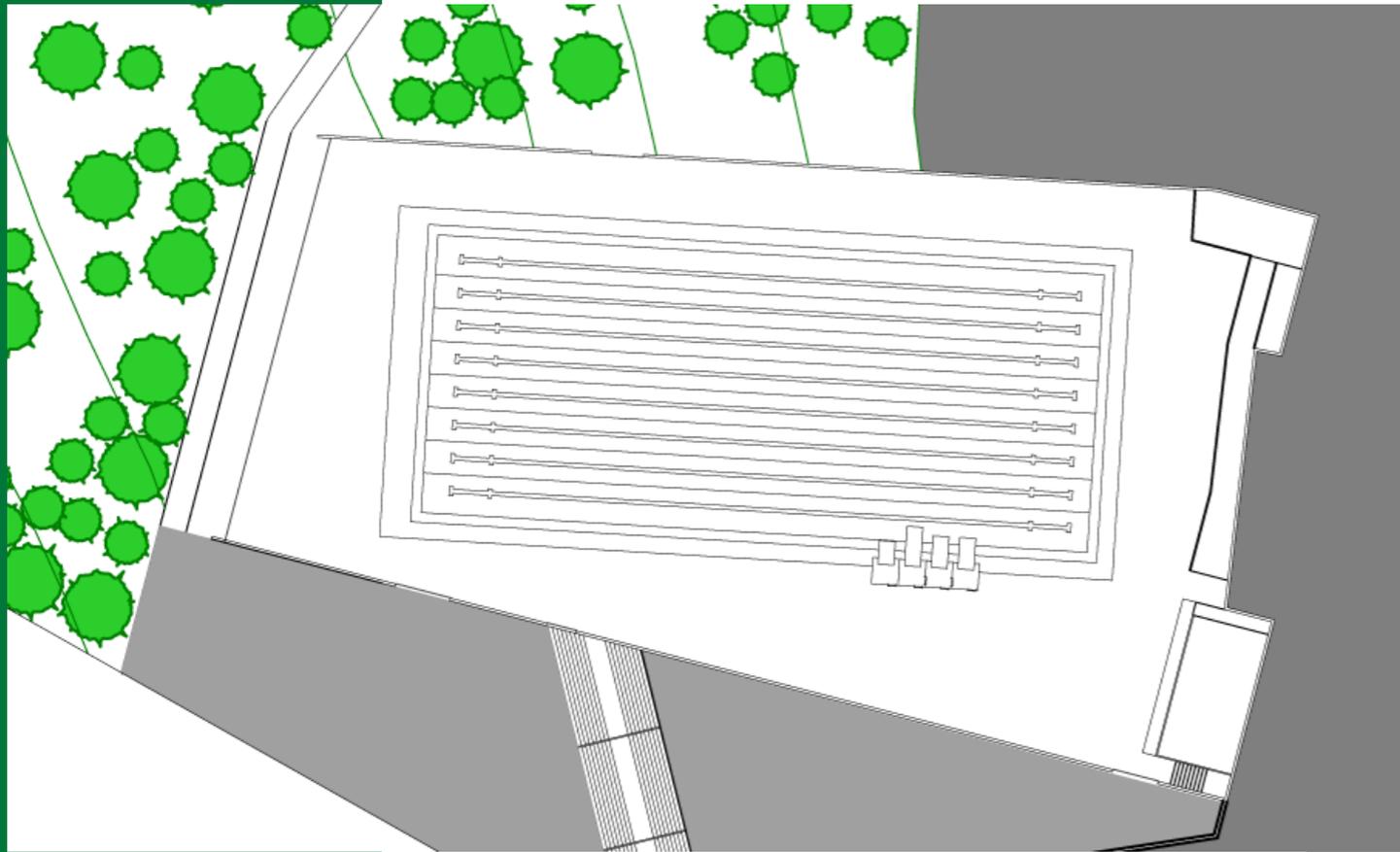
Implantación



Planta Baja

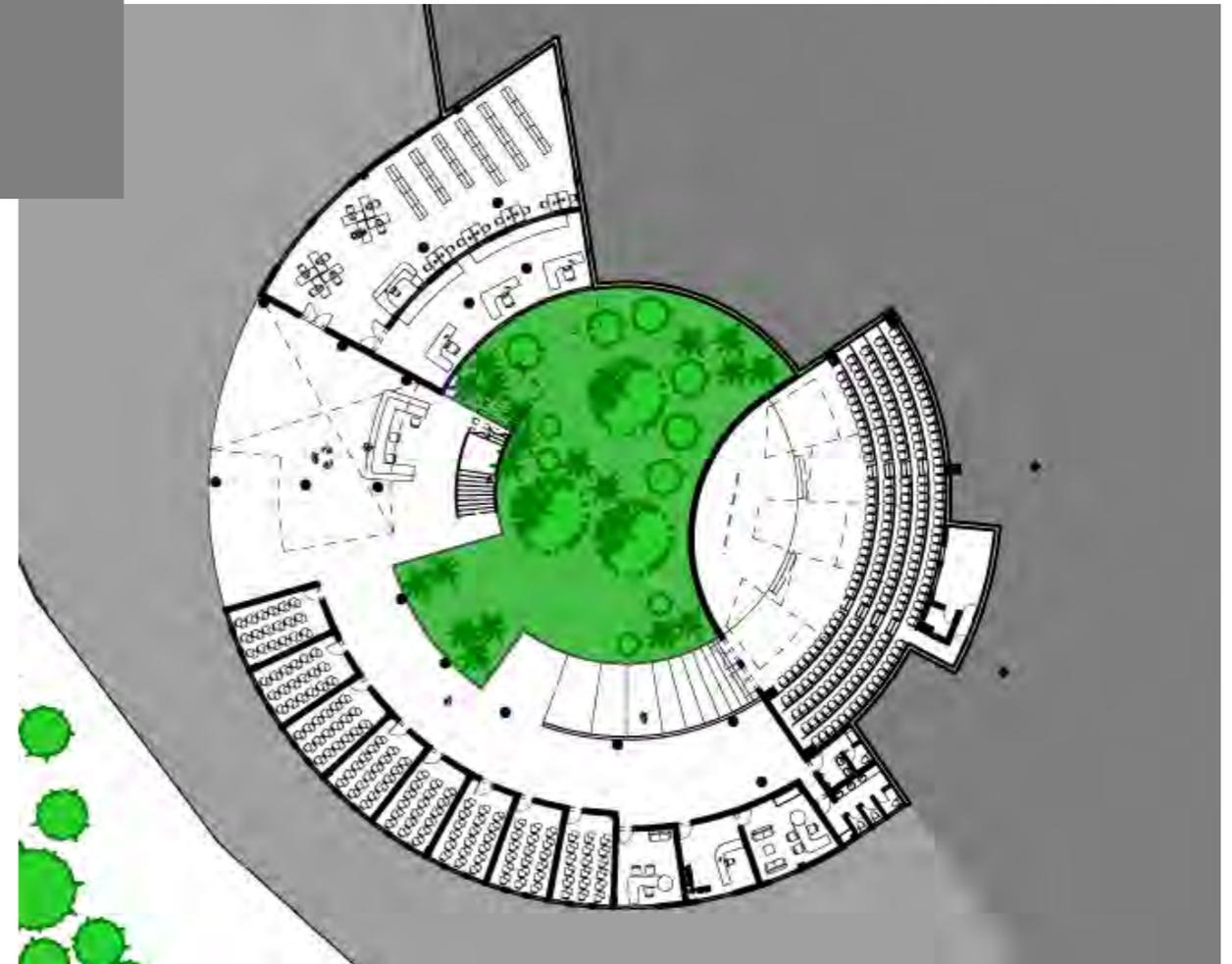


Planta Baja Ampliada



Volúmen Piscina

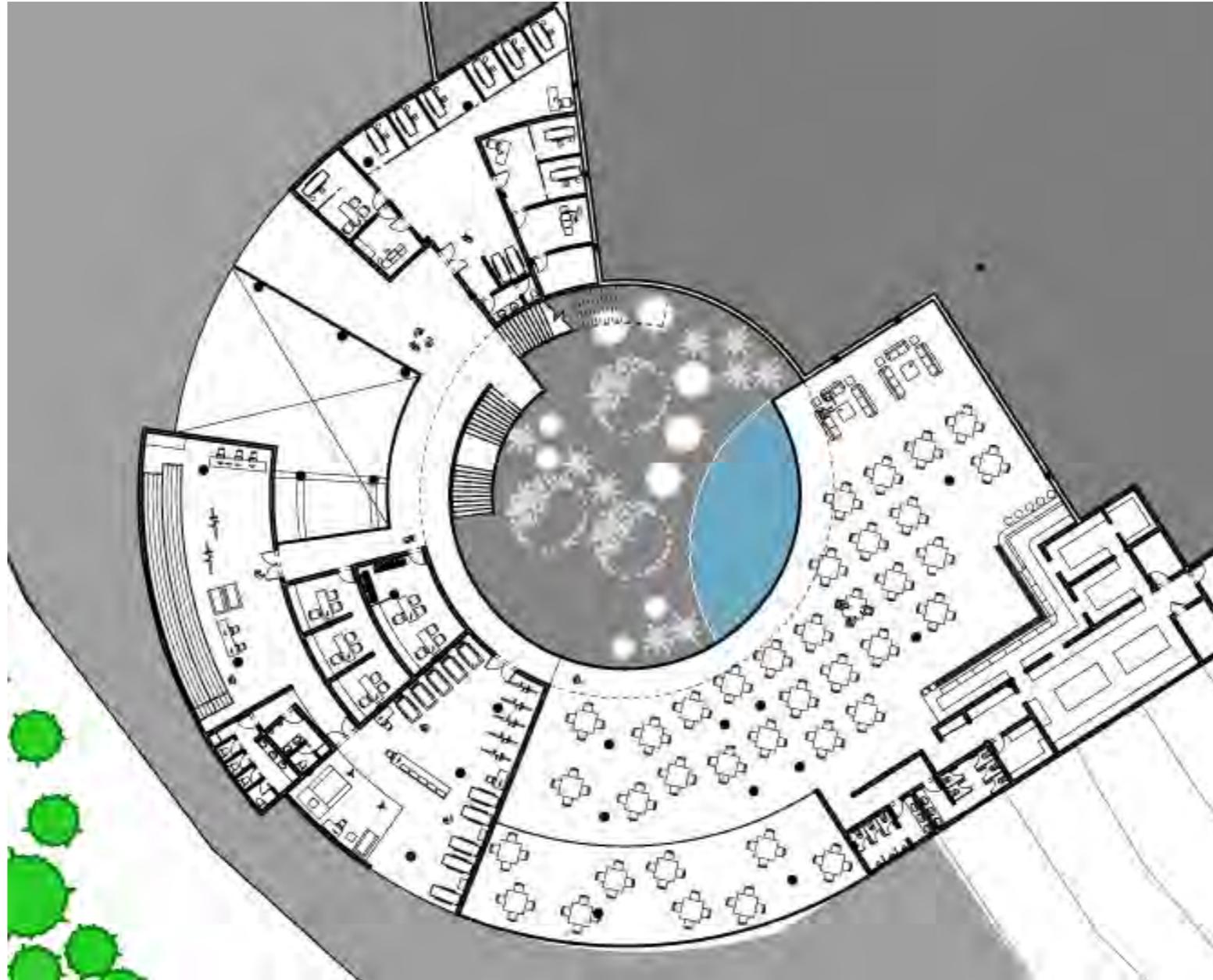
Biblioteca, Auditorio, Aulas



Segunda Planta



Segunda Planta Ampliada

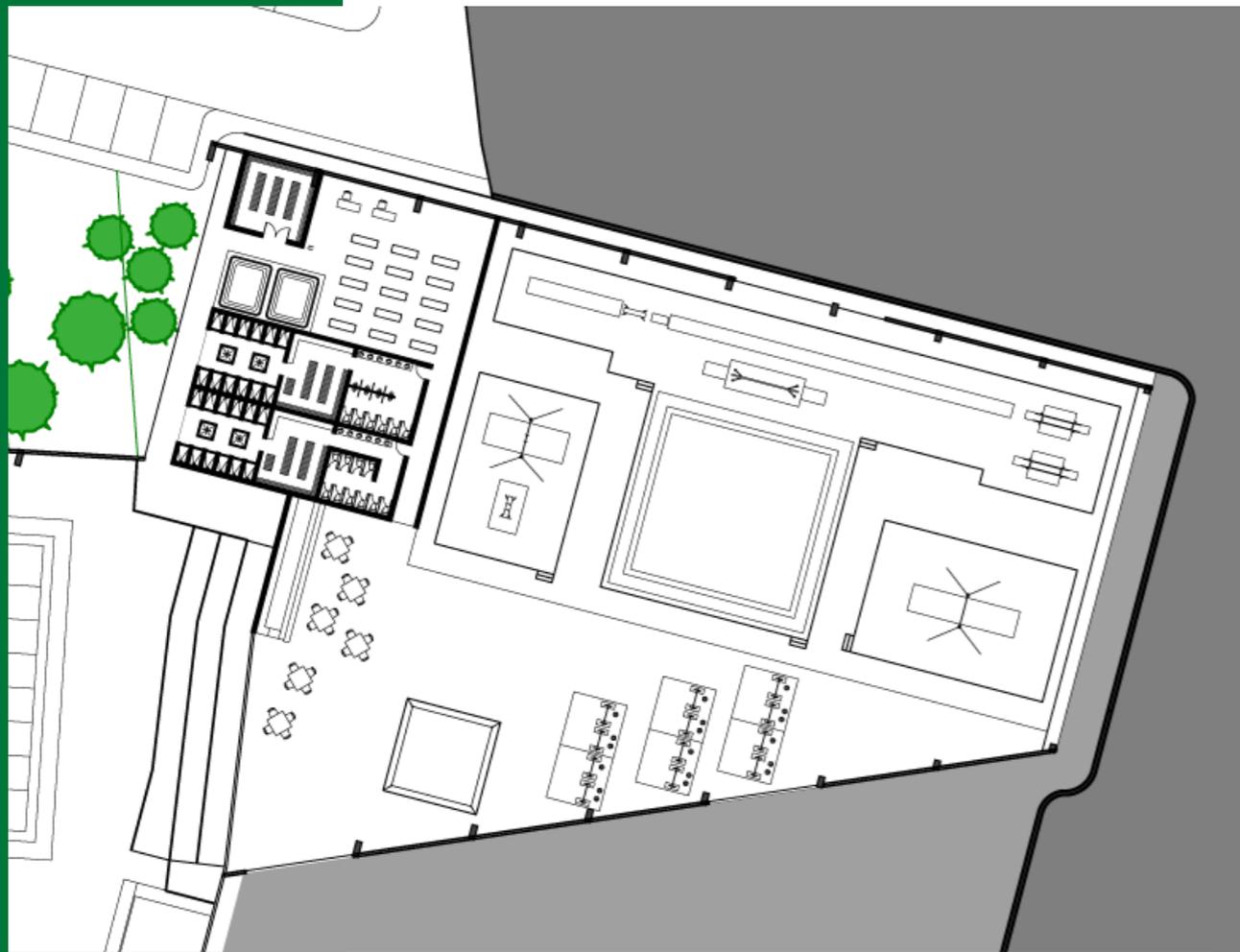


Laboratorios y Comedor

Tercera Planta

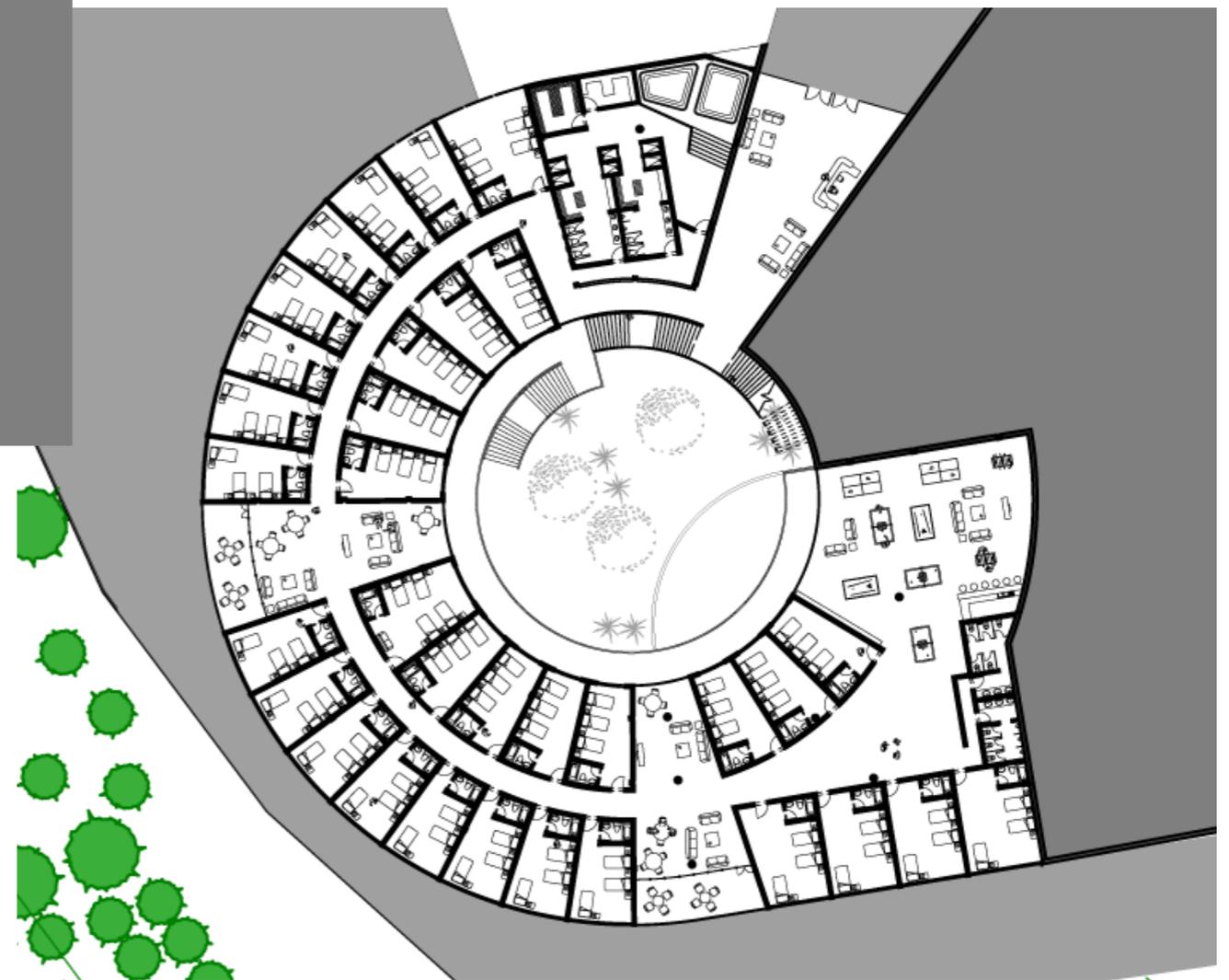


Tercera Planta Ampliada

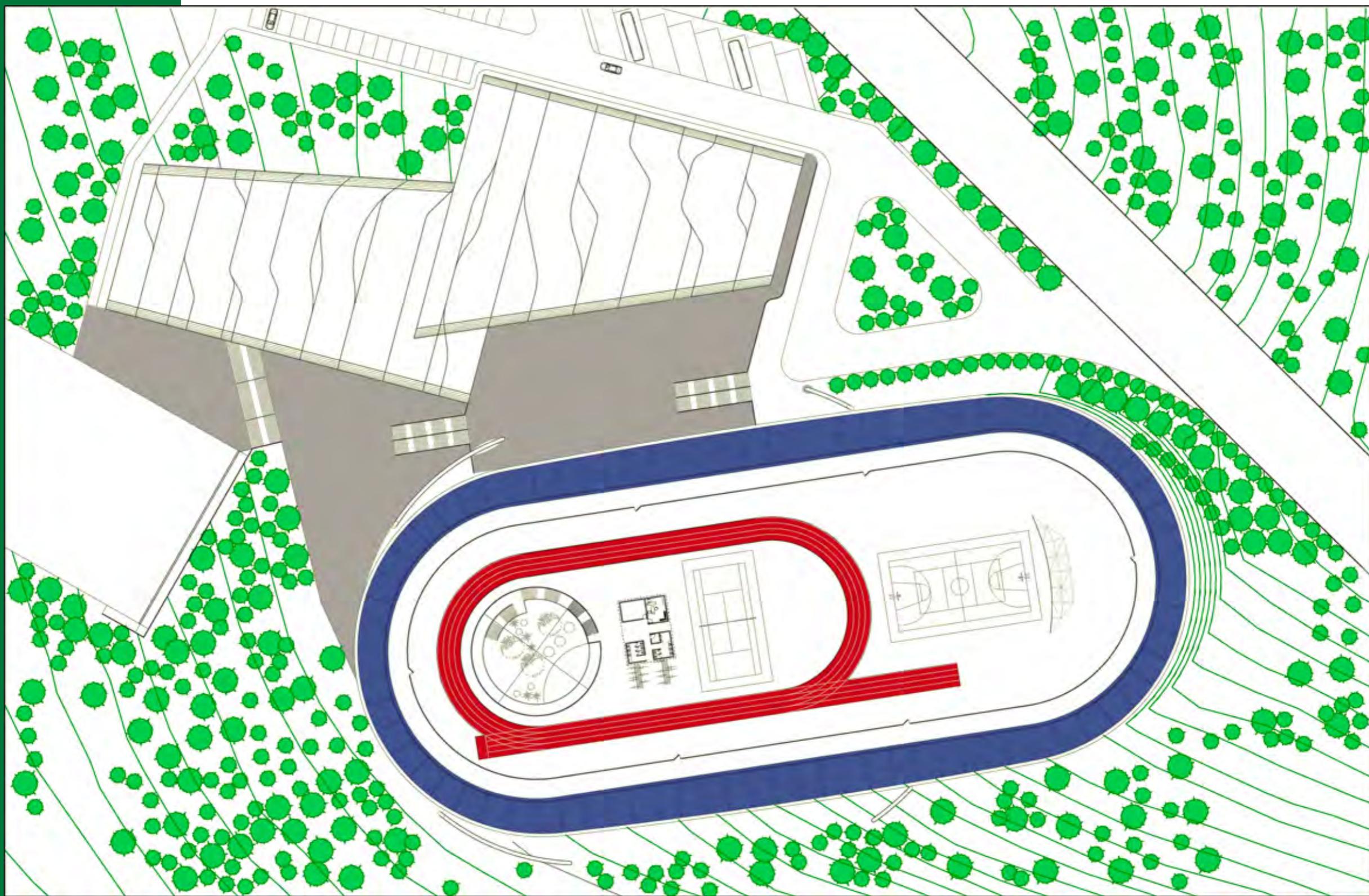


Volúmen Gimnasio

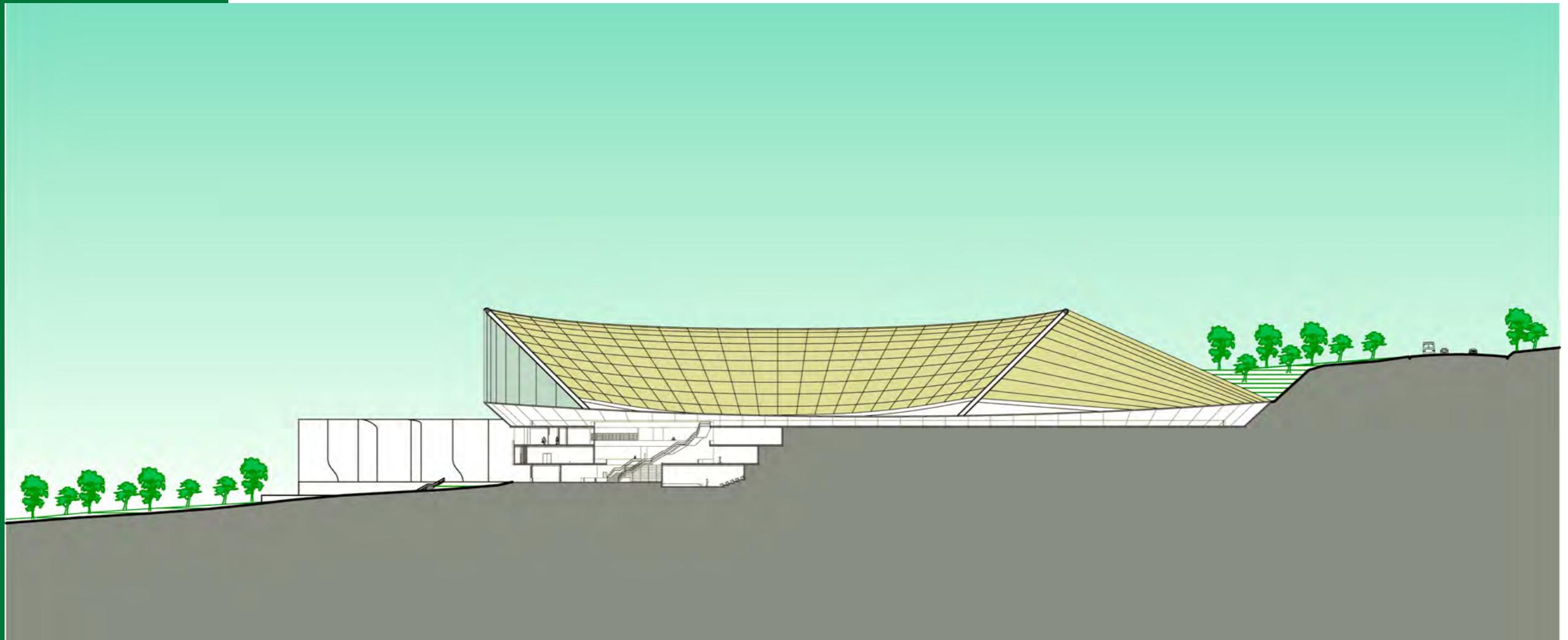
Dormitorios y Recreación



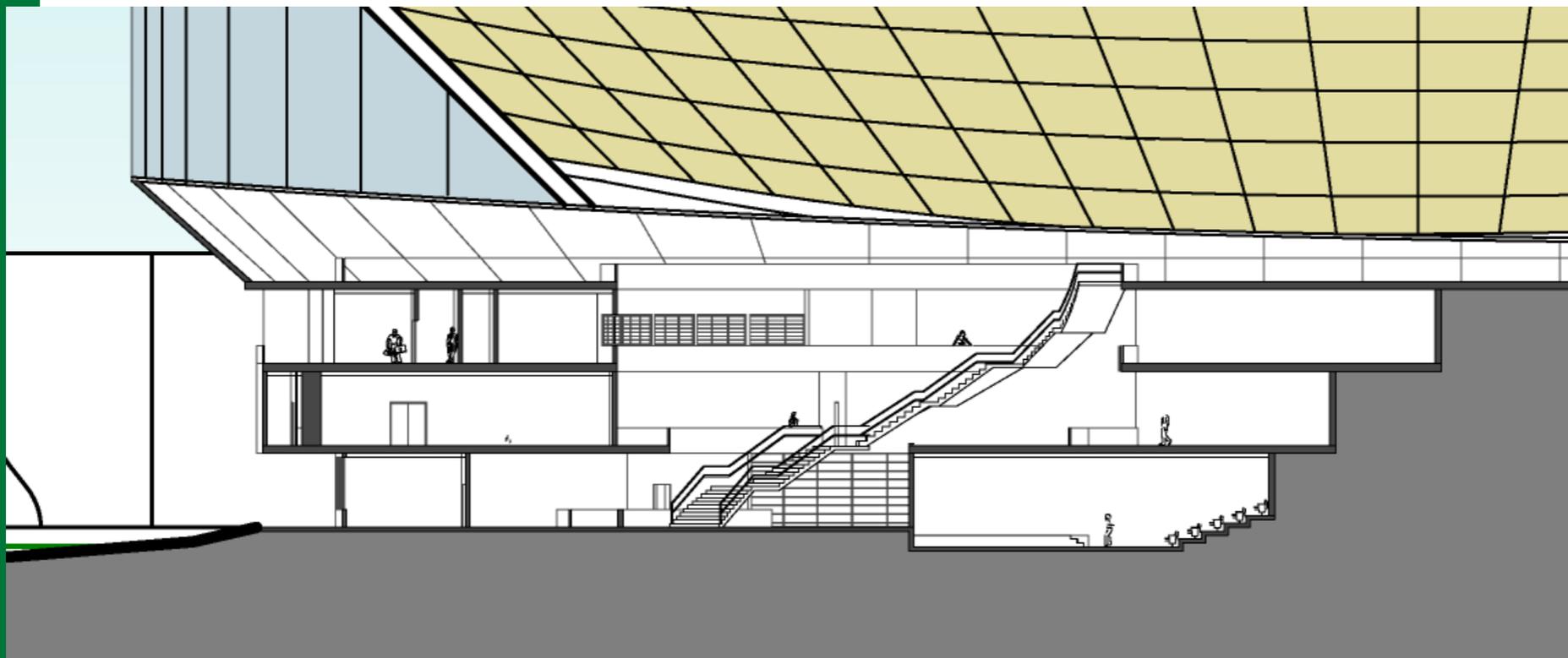
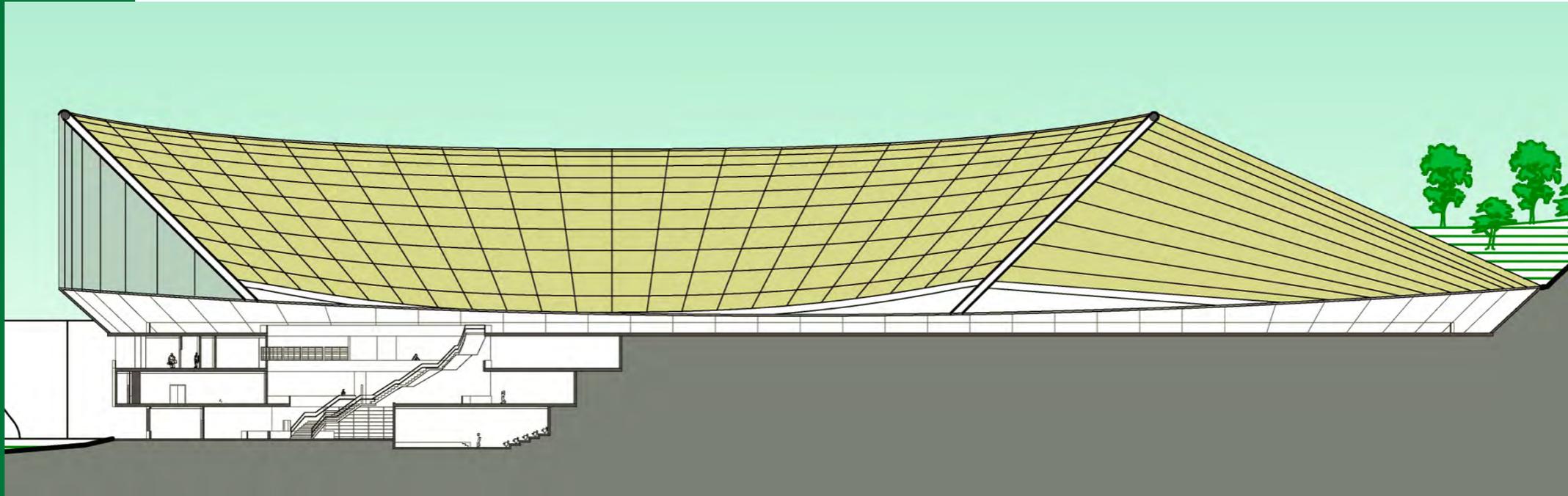
Cuarta Planta



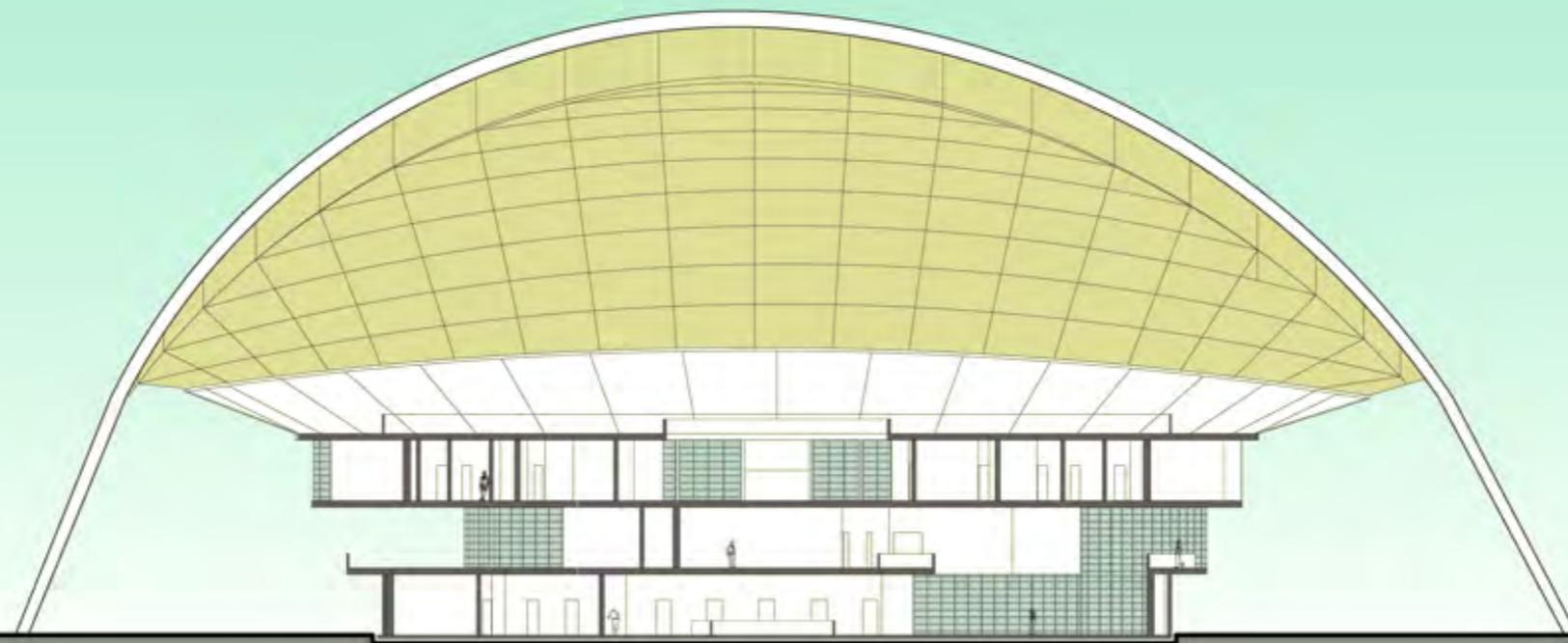
Corte Longitudinal A - A



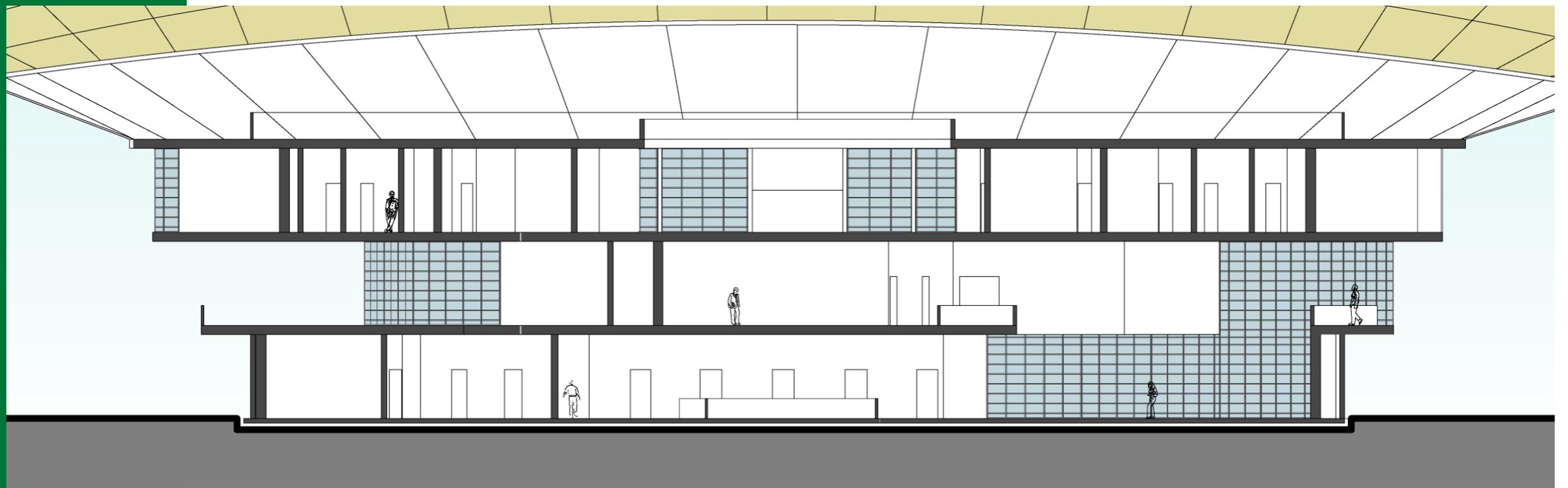
Corte Longitudinal A - A Ampliado



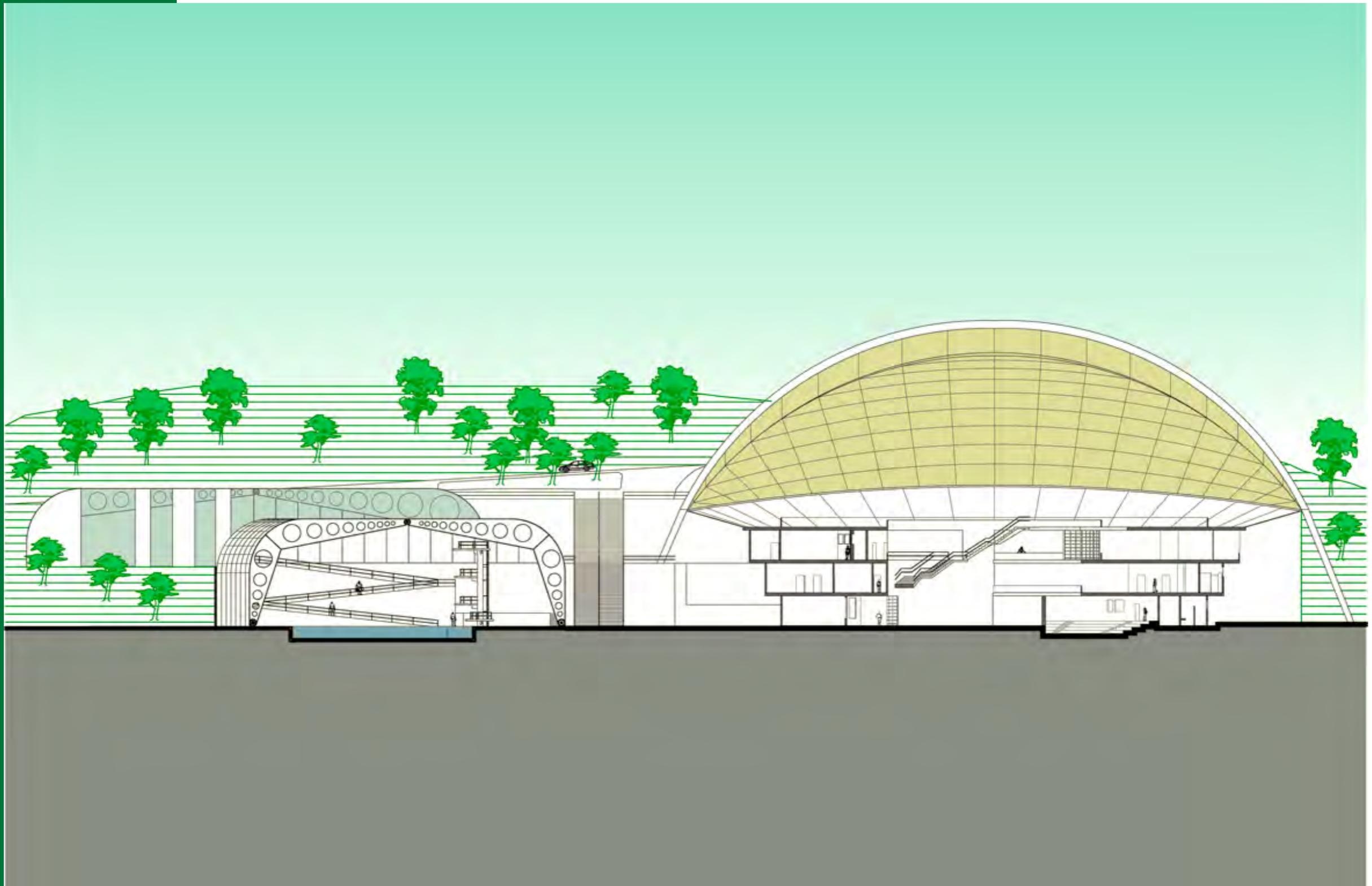
Corte Transversal B - B



Corte Transversal B - B Ampliado



Corte Transversal C - C



Corte Transversal C - C Ampliado

