

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CORDOBA

FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS FISICAS Y
NATURALES

ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
CÁTEDRA PRÁCTICA SUPERVISADA

INFORME TÉCNICO PROFESIONAL

“SOLUCIONES BIM PARA CAMBRIDGE ARCHITECTURAL”

ALUMNO: FEOLE, ANA INES

MATRICULA: 33498087

PLAN: 2005

EXPTÉ INTERNO N°: 38/13

DIRECTORA PS: ING. PINOTTI, GRISELDA

TUTOR PS: ARQ. SAUL, MARCOS DANIEL

DICIEMBRE 2014

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar quiero agradecer a mi familia por el apoyo brindado durante la carrera tanto a nivel económico como afectivo. Sin ellos, llegar hasta aquí hubiera sido imposible.

También quiero agradecer a la ingeniera Griselda Pinotti por el soporte brindado como mi tutora y por el seguimiento que tuvo durante esta práctica supervisada.

No quiero dejar de agradecer al ingeniero Daniel Sanchez y al ingeniero Julio Capdevila, ya que su colaboración para que esta presentación sea posible no fue menor.

Por último quiero agradecer a la Universidad Nacional de Córdoba y a la sociedad, por la posibilidad que brindan a todos los ciudadanos del país de estudiar y así poder insertarse en el ámbito laboral como un profesional.

RESUMEN

El presente Informe Técnico Final representa la tarea desarrollada durante la Práctica Supervisada en la empresa ENGworks, en donde me fue encomendada la etapa de modelado, coordinación y búsqueda de soluciones para una serie de proyectos del cliente Cambridge Architectural, a través de la metodología BIM.

El ITF consta de 3 partes fundamentales. Una primera etapa que describe lo que es BIM, cómo surge, en qué consiste, cómo se usa y los beneficios que éste trae.

Una segunda etapa, explicativa de las actividades del cliente para el cual se desarrollaron modelos BIM, pasando por sus diversidades de productos, las funciones y aplicaciones que éstos tienen, y las distintas formas de instalación que requiere cada uno.

En la tercera etapa se procederá a ver con detalle algunos de los proyectos en los que se trabajó durante la práctica supervisada, aplicando las plataformas BIM a los productos del cliente, y haciendo un análisis de la situación existente y el correspondiente planteo de soluciones.

Finalmente, se cierra el informe con una conclusión sobre las tareas realizadas durante el transcurso de la Práctica Profesional Supervisada.

ÍNDICE DE CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN	9
2. OBJETIVOS Y CRITERIOS DE LA METODOLOGÍA USADA	10
3. BUILDING INFORMATION MODELING	12
3.1 QUE ES BIM.....	12
3.2 EL ORIGEN DE BIM.....	14
3.2.1 LOS COMIENZOS.....	15
3.2.2 VISUALIZACION DEL MODELO	15
3.2.3 CONSTRUCCION DE LA BASE DE DATOS	15
3.2.4 EDIFICIO VIRTUAL	17
3.2.5 HACIA UNA ARQUITECTURA DE COLABORACIÓN	20
3.2.6 PRÁCTICA CONTEMPORÁNEA Y DISEÑO ACADÉMICO.....	20
4. CAMBRIDGE ARCHITECTURAL	22
4.1 EL INICIO DE LAS MALLAS METÁLICAS EN LA ARQUITECTURA.....	22
4.2 LAS MALLAS METÁLICAS DE CAMBRIDGE ARCHITECTURAL.....	24
4.3 APLICACIONES DE LA MALLA DE TEJIDO METÁLICO.....	24
4.3.1 ESTRUCTURAS ABIERTAS	24
4.3.2 ILUMINACIÓN NATURAL Y SOMBREADO.....	27
4.3.3 INTERIORES.....	31
4.3.4 SEGURIDAD Y PROTECCIÓN DE PERSONAS Y BIENES	35
4.3.5 FACHADAS.....	36
4.3.6 EFECTOS DE MALLA	38
4.4 FORMAS Y MÉTODOS DE FIJACIÓN	41
4.4.1 FIJACION EN TENSION.....	41
4.4.2 FIJACIÓN FRAME	45
4.4.3 FIJACIÓN TIPO CORTINA CON HERRAJES DE FIJACIÓN.....	47
4.5 PATRONES DE LA MALLA METÁLICA	49
5. SOLUCIONES BIM PARA CAMBDRIGE ARCHITECTURAL	56
5.1 EASTCHESTER MIDDLE SCHOOL.....	60
5.2 COTTON BOWL RENOVATION.....	72
5.3 TOP GOLF COLONY	92
5.4 CONCLUSIÓN DE LAS ETAPAS DEPROYECTOS	113
6. CONCLUSIÓN FINAL DEL INFORME	114
7. BIBLIOGRAFÍA	115

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURA 3-1: COURTESY DESIGN + CONSTRUCTION STRATEGIES.....	12
FIGURA 3-2: PLANO DE UNA PLANTA UTILIZANDO AUTOCAD.....	13
FIGURA 3-3: HEATHROW AIRPORT UK.....	16
FIGURA 3-4: CENTER FOR INTEGRATED FACILITY ENGINEERING (CIFE).....	17
FIGURA 3-5: GLIDE DE CHARLES EASTMAN.....	17
FIGURA 3-6: CAPTURA DE PANTALLA DE RADAR CH.....	18
FIGURA 3-7: FREEDOM TOWER, WORLD TRADE CENTER – MANHATTAN, NEW YORK, EEUU.....	19
FIGURA 4-1: FOTO RECIENTE DE UNA INSTALACIÓN DE 1957 DE REVESTIMIENTO DE MALLA EN EL EDIFICIO SEAGRAM EN NUEVA YORK.....	22
FIGURA 4-2: ESTRUCTURAS ABIERTAS – PLAYA DE ESTACIONAMIENTO.....	25
FIGURA 4-3: ESTRUCTURAS ABIERTAS – PROTECCIÓN CONTRA CAÍDAS Y REVESTIMIENTO CON MALLAS METÁLICAS.....	25
FIGURA 4-4: ESTRUCTURAS ABIERTAS – SISTEMA DE VENTILACIÓN CON MALLAS DE TEJIDO METÁLICO.....	26
FIGURA 4-5: ESTRUCTURAS ABIERTAS – REDUCCIÓN DEL RESPLANDOR SOLAR.....	27
FIGURA 4-6: SISTEMA DE SOMBREADO TIPO VELO.....	28
FIGURA 4-7: SISTEMA DE SOMBREADO TIPO VISERA.....	29
FIGURA 4-8: SISTEMA DE SOMBREADO TIPO ALETA.....	29
FIGURA 4-9: SISTEMA DE SOMBREADO TIPO TOLDO.....	30
FIGURA 4-10: SISTEMA DE SOMBREADO INTERIOR TIPO CORTINA MÓVIL.....	31
FIGURA 4-11: VESTÍBULO DE HOSPITAL.....	31
FIGURA 4-12: DISEÑO DE INTERIORES – MALLA METÁLICA COMO SEPARADORA DE AMBIENTES.....	32
FIGURA 4-13: DISEÑO DE INTERIORES – PLANET HOLLYWOOD RESORT & CASINO THEATER, LAS VEGAS.....	33
FIGURA 4-14: DISEÑO DE INTERIORES – ESCULPIDO DE ESPACIO: TECHO.....	33
FIGURA 4-15: ESCULPIDO DEL ESPACIO + ENMASCARAMIENTO DE INSTALACIONES + TRASMISIÓN DE LUZ.....	35
FIGURA 4-16: MALLA METÁLICA COMO PARTE DEL SISTEMA ACÚSTICO DE UNA SALA DE CONCIERTOS.....	34
FIGURA 4-17: SISTEMAS DE MALLAS DE PROTECCIÓN CONTRA CAÍDAS.....	35
FIGURA 4-18: SISTEMAS DE SEGURIDAD.....	36
FIGURA 4-19: MALLAS ARQUITECTÓNICAS UTILIZADAS EN LA MARCA CORPORATIVA DE UNA TIENDA.....	37
FIGURA 4-20: ENMASCARAMIENTO Y ESCULPIDO DE FACHADA.....	37
FIGURA 4-21: SUJECIÓN DE LOS PANELES CURVOS.....	38
FIGURA 4-22: REFLEJO DE LUZ BLANCA NOCTURNA EN FACHADA DE MALLA METÁLICA.....	39
FIGURA 4-23: REFLEJO DE LUZ DE COLOR EN EL EXTERIOR DE UNA UNIVERSIDAD.....	39
FIGURA 4-24: MALLA GRABADA CON EL NOMBRE DEL PAÍS EN ESTACIÓN ADUANERA.....	40
FIGURA 4-25: PANELES DE MALLA PINTADOS DE COLOR.....	40
FIGURA 4-26: SISTEMA DE FIJACIÓN EN TENSIÓN CON ESTRUCTURA DE SOPORTE COMPUESTA POR TUBOS DE ACERO INOXIDABLE.....	41
FIGURA 4-27: SISTEMA SCROLL.....	42
FIGURA 4-28: SISTEMA DE FIJACIÓN EN TENSIÓN. SISTEMA ECLIPSE, ES DECIR, CON EL TUBO DE ACERO (ROD) A LA VISTA.....	44
FIGURA 4-29: SISTEMA DE FIJACIÓN EN TENSIÓN. SISTEMA SCROLL, ES DECIR, LA MALLA METÁLICA ENVUELVE EL TUBO DE ACERO (ROD) Y LO OCULTA.....	45
FIGURA 4-30: ESQUEMA DE UN SISTEMA DE FIJACIÓN FRAME.....	45
FIGURA 4-31: TELA METÁLICA QUE SE MUESTRA ESTÁ SOLDADA A UN MARCO “U” VINCULANTE CON ESQUINAS BISELADAS.....	46
FIGURA 4-32: TELA METÁLICA SE PLIEGA ALREDEDOR DE LAS ESQUINAS DE UN MARCO DE ÁNGULO PARA OCULTARLO.....	46
FIGURA 4-33: EJEMPLOS DE SUJECIÓN POR MEDIO DE MARCOS METÁLICOS.....	47
FIGURA 4-34: ESQUEMA DE UN SISTEMA DE FIJACIÓN TIPO CORTINA.....	48
FIGURA 4-35: EJEMPLOS DE SUJECIÓN TIPO CORTINA, CON DESLIZAMIENTO VERTICAL Y HORIZONTAL.....	48
FIGURA 5-1: PLANILLA DE VERSIÓN INICIAL DEL PROYECTO.....	57
FIGURA 5-2: EASTCHESTER MIDDLE SCHOOL. PERSPECTIVA OBTENIDA DEL MODELO BIM 3D DE REVIT.....	60
FIGURA 5-3: PLANTA GENERAL DEL PROYECTO.....	62
FIGURA 5-4: VISTA DE LA PLANTA ESTE.....	63
FIGURA 5-5: VISTA DE LA PLANTA SUR.....	64
FIGURA 5-6: DETALLE EN PLANTA DE UN PANEL TÍPICO.....	65
FIGURA 5-7: ELEVACIÓN DE LA CARA ESTE DEL PROYECTO.....	66
FIGURA 5-8: ELEVACIÓN DE LA CARA SUR DEL PROYECTO.....	67

FIGURA 5-9: IMÁGENES OBTENIDAS DEL MODELO BIM PARA MOSTRAR EL SISTEMA DE CABLE UTILIZADO EN ESTE PROYECTO.....	69
FIGURA 5-10: IMAGEN 3D OBTENIDA DEL MODELO BIM, EN LA QUE SE PUEDE OBSERVAR LA COLOCACIÓN FINAL DE LOS PANELES METÁLICOS.....	70
FIGURA 5-11: ESTRUCTURA DE SOPORTE DEL SISTEMA DE PANELES.....	71
FIGURA 5-12: ESTADIO COTTON BOWL ANTES DE LA RENOVACIÓN.....	73
FIGURA 5-13: DETALLE MALLA PELLICAN Y MALLA MID-BALANCE.....	75
FIGURA 5-14: IMAGEN 3D OBTENIDA DEL MODELO BIM PARA MOSTRAR LA POSICIÓN DE LOS PANELES ENTRE ELLOS.....	76
FIGURA 5-15: PLANTA GENERAL DEL PROYECTO.....	79
FIGURA 5-16: PLANTA PARCIAL DE LA ZONA NORESTE.....	80
FIGURA 5-17: PLANTA AGRANDADA DE UNA BAHÍA DE LA ZONA NORESTE.....	81
FIGURA 5-18: ELEVACIÓN DE UNA PORCIÓN DE LA ZONA SUROESTE.....	82
FIGURA 5-19: ELEVACIÓN AGRANDADA DE UNA ZONA PARCIAL DEL ESTADIO.....	83
FIGURA 5-20: ELEVACIÓN EN LA QUE SE DETALLA EL CORTE DE LA MALLA MID-BALANCE.....	84
FIGURA 5-21: GRUPO TÍPICO DE PANELES.....	85
FIGURA 5-22: SECCIÓN QUE MUESTRA LA INSTALACIÓN DE LA MALLA MID-BALANCE.....	86
FIGURA 5-23: SECCIÓN QUE MUESTRA LA INSTALACIÓN DE LA MALLA PELLICAN.....	87
FIGURA 5-24: INGRESO AL ESTADIO.....	89
FIGURA 5-25: NUEVA FACHADA DEL ESTADIO COTTON BOWL.....	89
FIGURA 5-26: INSTALACIÓN INFERIOR DE LAS MALLAS METÁLICAS MID-BALANCE.....	90
FIGURA 5-27: EFECTO DE SOMBREADO Y DISMINUCIÓN DEL RESPLANDOR SOLAR AL INTERIOR DEL ESTADIO.....	90
FIGURA 5-28: FIJACIÓN DE LOS BRACKETS INTERMEDIOS.....	91
FIGURA 5-29: IMAGEN NOCTURNA DEL ESTADIO COTTON BOWL CON LAS MALLAS ILUMINADAS.....	91
FIGURA 5-30: PLANTA GENERAL DEL PROYECTO.....	93
FIGURA 5-31: PLANTA ARQUITECTÓNICA DE PROYECTO.....	94
FIGURA 5-32: SISTEMA DE FIJACIÓN EYEBOLT ESTÁNDAR.....	97
FIGURA 5-33: DETALLE DE LA MALLA SCALE, OBTENIDO DEL MODELO BIM.....	98
FIGURA 5-34: PLANTA DE INSTALACIÓN DE LOS PANELES EN ESQUINA.....	100
FIGURA 5-35: PLANTA DE INSTALACIÓN DE LOS PANELES DE LA CARA OESTE DEL EDIFICIO.....	101
FIGURA 5-36: ELEVACIÓN DEL PANEL ORIENTADO HACIA EL NORTE.....	102
FIGURA 5-37: ELEVACIÓN DEL PANEL ORIENTADO HACIA EL NOROESTE.....	103
FIGURA 5-38: ELEVACIÓN DE LOS PANELES ORIENTADOS HACIA EL OESTE.....	104
FIGURA 5-39: SECCIÓN DE LOS PANELES ORIENTADOS HACIA EL NORTE.....	105
FIGURA 5-40: SECCIÓN DE LOS PANELES ORIENTADOS HACIA EL OESTE.....	106
FIGURA 5-41: IMAGEN EXTERIOR DE LOS PANELES INSTALADOS EN ESQUINA.....	108
FIGURA 5-42: ENCUENTRO ENTRE AMBAS MALLAS.....	109
FIGURA 5-43: DETALLE DE LA INSTALACIÓN DEL SISTEMA EYEBOLT.....	110
FIGURA 5-44: IMAGEN TOMADA DESDE EL INTERIOR DEL EDIFICIO.....	111
FIGURA 5-45: IMAGEN NOCTURNA DE LOS PANELES EN ESQUINA ILUMINADOS POR EL ARTEFACTO INSTALADO EN EL MARCO METÁLICO.....	112

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 4-1: PATRONES DE MALLAS METÁLICAS Y SUS CARACTERÍSTICAS	51
TABLA 5-1: ESPECIFICACIONES TÉCNICAS	60
TABLA 5-2: FICHA TÉCNICA INICIAL DE PROYECTO	74
TABLA 5-3: PLANILLA INTELIGENTE QUE MUESTRA LAS DIMENSIONES DE LOS PANELES, LA CANTIDAD Y TIPO DE MALLA DE CADA UNO	76
TABLA 5-4: PLANILLA TÉCNICA DE PROYECTO	95
TABLA 5-5: DIMENSIONES DE LOS PANELES METÁLICOS.....	96

2. INTRODUCCIÓN

En este informe técnico se analiza una nueva forma de llevar a cabo los trabajos relacionados con la ingeniería y arquitectura. Consiste en una herramienta llamada BIM (Building Information Modeling) o en castellano, Modelado de Información para la Edificación. El objetivo del trabajo realizado es conformar el modelo BIM del edificio en cuestión, aplicarlo al producto del cliente, y hallar la solución más eficiente y adecuada para facilitar la instalación de este producto.

Una primera etapa consiste en adquirir conocimientos BIM para desarrollar los distintos proyectos que se llevarán a cabo. De esta manera se producirá el modelo de información del edificio, abarcando la geometría del mismo, los materiales, el emplazamiento en donde se desenvuelve, y todas las propiedades de componentes que se requieran. Para el desarrollo del modelo se deberá tener en cuenta su estructura, su arquitectura, las instalaciones que contenga, la información del punto geográfico donde se ubica, etc.

Una segunda etapa, paralela a la anterior, consiste en conocer los diversos productos que el cliente ofrece, su forma de instalación, las variedades y posibles combinaciones, estructuras que se pueden construir y demandas que se pueden satisfacer, según las necesidades específicas y las funcionalidades del producto.

Por último, se fusionan estas dos etapas, se encuentran en un punto en común que es la plataforma del modelado inteligente. Es decir, se aplica el producto del cliente en un modelo BIM. Esto permite analizar las congruencias e incongruencias que se presentarán en el momento de la instalación, disminuyendo los errores, y no sólo facilitando la colocación de las mallas sino también agilizando este proceso.

De esta manera, el informe quedará dividido en 3 partes. Una primera parte descriptiva y explicativa de lo que es BIM, en la que se responden todas las preguntas que a una persona, sin conocimientos al respecto le pueda surgir. ¿Qué es? ¿De dónde surge? ¿Para qué sirve? ¿Cómo se usa? ¿Dónde se usa? ¿Qué beneficios trae? Entre otras. Una segunda parte en la que se explica en qué consiste Cambridge Architectural y de qué tratan los productos que desarrolla. Abarcando desde el inicio de sus tiempos, pasando por las diversidades de sus productos y llegando hasta las especificaciones de instalación que tiene cada uno. Una tercer parte en la que se muestran proyectos en los que se estuvo trabajando durante el tiempo de duración de la práctica supervisada, aplicando un modelo BIM a las mallas metálicas de Cambridge Architectural, mostrando inconvenientes que surgieron o que hubieran surgido en sitio si no se hubiera contado con el modelo de información y explicando los beneficios que éste trajo al proyecto en cuestión. Por último, se finaliza el informe con una conclusión y un cierre del trabajo realizado durante la práctica supervisada.

3. OBJETIVOS Y CRITERIOS DE LA METODOLOGÍA USADA

La Práctica Profesional Supervisada constituye un pilar fundamental de la formación de grado. Es una actividad formativa del alumno que consiste en la asunción supervisada y gradual del rol profesional, a través de su inserción a una realidad o ambiente laboral específico, en este caso en la empresa ENGworks, con el propósito de fortalecer su formación académica y de establecer un vínculo que facilite su ingreso como profesional al mercado de trabajo.

Se plantearon para el desarrollo de la presente Práctica Supervisada, los siguientes objetivos, tanto a nivel personal como de futuro profesional:

▪ **Objetivo Global:**

A partir de los conocimientos teóricos y aptitudes adquiridas a lo largo de la carrera de grado desarrollada en la Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales de la Universidad Nacional de Córdoba, ser capaz de aplicarlos en el ámbito laboral, logrando la capacidad de incorporar nuevas herramientas para el desarrollo de las actividades propuestas.

▪ **Objetivos Específicos:**

- *Adquirir conocimientos de BIM (Building Information Modeling) para lograr una coordinación física de los sistemas y disciplinas que constituyen el proyecto.*
- *Conocer las distintas formas y elementos de los sistemas del cliente Cambridge Architectural, su instalación y las posibilidades de materializarla.*
- *Desarrollar las tareas de modelado, asesoramiento al cliente y brindar soluciones adecuadas a cada situación planteada.*
- *Desarrollar tareas de proyecto y poder realizar una adecuada cuantificación del material necesario.*
- *Lograr una relación fluida y de intercambio permanente con distintos profesionales involucrados a través de reuniones virtuales y/o personales.*
- *Organizar la etapa de fabricación e instalación del producto del cliente.*
- *Desarrollar la capacidad de elaboración global de proyectos BIM, adaptados en forma específica a los requerimientos y conveniencias del cliente y a cada caso particular que éste presente.*
- *Desarrollo personal y profesional en un ámbito de trabajo cotidiano, buscando el desarrollo personal pero siempre apuntando a su correlación con el desarrollo profesional durante la actividad de trabajo.*

Para lograr alcanzar estos objetivos globales y personales planteados al inicio de la Práctica Profesional Supervisada, es necesario el desarrollo de las siguientes capacidades:

- Leer, analizar e interpretar antecedentes y planos recibidos.
- Ser capaz de entender las diferencias existentes entre las formas de trabajar del país local y de un país extranjero.
- Ser capaz de comprender nuevas herramientas de trabajo, diferentes a las estudiadas en la carrera de grado, y diferentes a lo utilizado en nuestro país.
- Ser capaz de buscar antecedentes o información para la solución de los problemas que surgen en la realización del trabajo.
- Poseer criterio para entender las necesidades del cliente.
- Ser capaz de materializar en forma virtual lo que pide el cliente.
- Defender y justificar los resultados obtenidos durante un proyecto a partir de los análisis realizados y las herramientas disponibles.
- Ser capaz de confeccionar los planos requeridos según lo pedido por el cliente.

4. BUILDING INFORMATION MODELING

4.1 QUE ES BIM

BIM es la abreviación de *Building Information Modeling*, en castellano, *Modelado de Información para la Edificación*. Navegando en internet, uno puede encontrar definiciones de BIM como:

*“Es un **proceso** que implica la creación y el uso de un modelo 3D inteligente para informar y comunicar decisiones del proyecto.”*

*“Es el **proceso** de generación y gestión de datos del edificio durante su ciclo de vida, utilizando un **software** dinámico de modelado de edificios en tres dimensiones y en tiempo real, para disminuir la pérdida de tiempo y recursos en el diseño y la construcción.”*

*“Es una **colección de datos** de un edificio, organizados en una base de datos estructural que se puede consultar fácilmente de forma visual o numérica.”*

Lo cierto es que BIM es todo esto. Es un software. Es un modelo 3D virtual de los edificios. Es un proceso. Es una colección de datos del edificio.

BIM provee una representación digital del edificio en tres dimensiones con una visualización y dimensionamiento muy preciso (Figura 1.1). También es una base de datos, que ofrece la capacidad de rastrear atributos de datos para los componentes que comprenden el modelo de edificación.



Figura3-1: Courtesy Design + ConstructionStrategies

Cuando algo se convierte en BIM empieza con un modelo digital 3D del edificio. El Modelo de Información de Construcción describe la geometría 3D, objetos y atributos de una instalación física. El núcleo de BIM es la geometría del edificio, pero BIM es también una base de información estructurada de datos no gráficos que provee

información detallada sobre los componentes del edificio. Un verdadero modelo BIM consiste en los equivalentes virtuales de los elementos constructivos y piezas que se utilizan para construir el edificio. Estos elementos inteligentes tienen todas las características, físicas y lógicas, de sus componentes reales. Son el prototipo digital de los elementos físicos del edificio, que nos permiten simular el edificio y entender su comportamiento en un entorno computarizado antes de que se inicie su construcción real. En el modelo de información de construcción, un muro existe como muro, una caldera es una caldera, todos los objetos tienen una identidad y atributos reales. Se los puede ordenar, contar y consultar. BIM es un avance significativo en la tecnología en diseño asistido por computadora (CAD), el software de dibujo y documentación que ha estado en uso durante los últimos 20 años (Figura 1.2). El desarrollo actual y el uso de BIM residen principalmente en el sector del diseño, y cada vez más entre los contratistas y constructores.

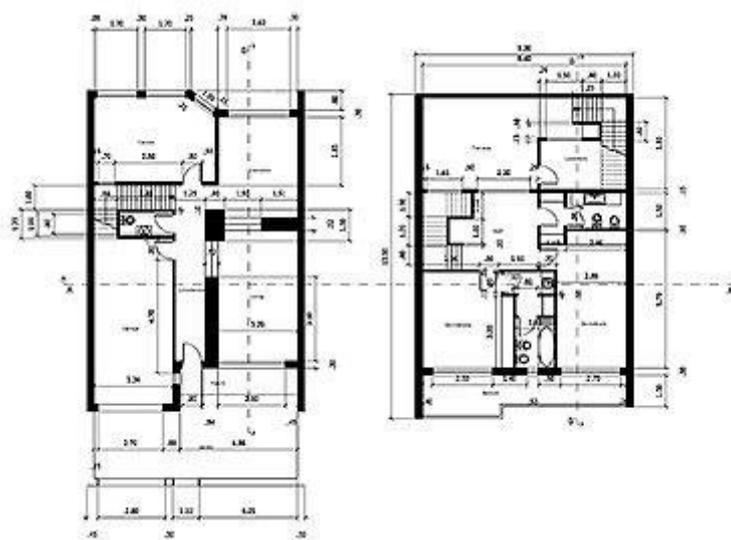


Figura 3-2: Plano de una planta utilizando AutoCAD

Debido a que BIM es una aplicación de datos con la capacidad inherente de afiliar campos de datos con los objetos que componen el modelo, facilita una amplia gama de capacidades que incluyen las listas de cuantitativos, estimación de costos, la gestión de espacios y bienes, y la realización de análisis energéticos. BIM puede ser utilizado para ilustrar el proceso completo de edificación, de mantenimiento e incluso de demolición. El modelado de información para la edificación permite integrar las diferentes disciplinas que forman parte del edificio, como es la estructura, la arquitectura, las instalaciones (gas, agua, luz, aire acondicionado, desagüe pluvial, automatizaciones, entre otras), y coordinarlas dentro del modelo de manera de evitar colisiones entre los elementos y obtener así un diseño eficaz del edificio.

BIM también puede incorporar capacidades paramétricas que permiten que los componentes del modelo tengan atributos o parámetros que definen relaciones con otros componentes. Por ejemplo, un objeto de puerta será dependiente o estará relacionado con un objeto de muro.

Una aplicación efectiva de BIM gestiona las relaciones de todos los componentes integrados en un modelo, junto con sus características individuales. Esto puede ser una herramienta muy poderosa para agilizar la gestión de cambios.

Además de ser una aplicación de datos de gran alcance, la tecnología BIM tiene el potencial de permitir cambios fundamentales en la ejecución de proyectos, con la

promesa de apoyar un proceso más integrado y eficiente. A su vez, BIM tiene la capacidad de reducir costos y promover la eficiencia de la siguiente manera:

- *Toma de decisiones tempranas:* BIM permite la temprana evaluación del desarrollo del edificio, por lo que las decisiones y los cambios pueden hacerse con un reducido impacto de tiempo y costos
- *Mejora la precisión:* La precisión del modelo fomenta una comunicación más eficaz entre las diversas partes involucradas en los proyectos de construcción y refuerza la comprensión. Esto reduce los errores y los cambios a lo largo del proceso de diseño y construcción. Las capacidades paramétricas de BIM permiten la representación coherente y coordinada del modelo en todas las vistas.
- *Rápida cuantificación:* El modelo puede automáticamente generar un reporte de cantidades, producir estimativos y flujos de trabajo más rápida y eficientemente que el proceso convencional.
- *Robustez en los Análisis:* BIM puede ser utilizado para apoyar análisis complejos, incluyendo tareas como la detección de colisiones, planificación y secuenciación (el llamado modelo 4D), análisis de energía, y ayuda a aclarar la toma de decisiones, a resolver problemas y a reducir demoras los procesos de proyecto.
- *Mejora la Coordinación:* BIM permite a los contratistas y a los múltiples subcontratistas involucrados en el proyecto de construcción a construir virtualmente el edificio, identificando conflictos potenciales o colisiones entre sistemas del edificio que si fueran descubiertos en campo conllevarían a en costosos cambios.
- *Mejora la entrega del proyecto:* BIM proporciona la capacidad de entregar un cuerpo de datos más coherente, estructurado y completo en el volumen de negocios del proyecto.

BIM es una tecnología compleja basada en un enfoque de colaboración para la producción del proyecto y la gestión de las instalaciones. Esta nueva herramienta de trabajo es un método innovador para facilitar la comunicación entre los sectores de la arquitectura, la ingeniería y la construcción. Con BIM, arquitectos e ingenieros generan e intercambian información de manera eficiente, crean representaciones digitales de todas las fases del proceso de construcción y simulan el rendimiento en la vida real, lo que perfecciona el flujo de trabajo, aumenta la productividad y mejora la calidad. BIM proporciona la información correcta a las personas adecuadas en el momento adecuado, ayudando a las empresas a innovar y competir.

Las organizaciones empeñadas en la implementación y aprovechamiento completo de BIM tendrán que evaluar y adoptar nuevos procesos de negocio, además de la nueva tecnología. El compartir, la integración, el seguimiento y el mantenimiento de un modelo de información del edificio coherente afectará a todos los procesos y participantes que interactúan con esa data.

4.2 EL ORIGEN DE BIM

Building Information Modeling es un software tecnológico que está ganando una rápida aceptación en la industria de la arquitectura, ingeniería y construcción. BIM es un término que ha estado muy presente en el campo del diseño y de la construcción en los últimos 20 años. La historia acerca de dónde proviene BIM es rica y compleja, con

jugadores de los Estados Unidos, Europa occidental y el Bloque Soviético compitiendo para crear la solución de software de arquitectura perfecta para interrumpir los flujos de trabajo de CAD 2D.

3.2.1 Los comienzos

Los fundamentos conceptuales del sistema BIM se remontan a los primeros días de la computación. Encontramos varios de puntos vista sobre el origen de este concepto: Ya en 1962, Douglas C. Engelbart nos da una visión misteriosa del futuro arquitectónico en su artículo “*Aumentando el intelecto humano*”:

[En lo que sigue, el arquitecto comienza a ingresar en una serie de especificaciones y datos- una losa de seis pulgadas, muros de hormigón de doce pulgadas y de ocho pies de altura dentro de la excavación, y así sucesivamente. Cuando ha terminado, la escena revisada aparece en la pantalla. Una estructura comienza a tomar forma. La examina, la ajusta... Estas listas se convierten en una estructura cada vez más interrelacionada y detallada, que representa el pensamiento de maduración detrás del diseño real.]

Englebart sugiere objetos basados en el diseño, manipulación paramétrica y una base de datos relacional; sueños que se convertirían en realidad varios años más tarde. Hay una larga lista de investigadores de diseño cuya influencia es considerable incluyendo Herbert Simon, Nicholas Negroponte y IanMcHarg que estaban desarrollando una vía paralela con Sistemas de Información Geográfica (SIG). El trabajo de Christopher Alexander, sin duda habría tenido un impacto, ya que influyó en una escuela de principios orientados a científicos de programación computacional con *Notas sobre la síntesis de la forma*. Al ser estos sistemas reflexivos y robustos, los marcos conceptuales no podían llevarse a cabo sin una interfaz gráfica a través de la cual se pudiera interactuar con un modelo de este tipo de construcción

3.2.2 Visualización del modelo

Desde las raíces de la interfaz gráfica de SAGE y el programa de dibujos de Ivan Sutherland en 1963, los programas de modelado de sólidos comenzaron a aparecer sobre la base de la evolución de la representación computacional de la geometría. Los dos métodos principales para la visualización y grabación de información de la forma que comenzaron a aparecer en los años 1970 y 1980 fueron *la geometría sólida constructiva* (CSG) y *la representación límite* (brep). El sistema de CSG utiliza una serie de formas primitivas que pueden ser, o bien sólidos, o huecos, de manera que las formas se pueden combinar e interceptar, sustraerse o combinarse para crear la apariencia de las más complejas formas.

3.2.3 Construcción de la Base de datos

Ver a los edificios a través de la lente de la base de datos contribuyó a la ruptura de la arquitectura en sus componentes constituyentes, lo que exige una taxonomía literal de un conjunto de edificios de partes constituyentes. Uno de los primeros proyectos en crear con éxito una base de datos de construcción fue el Building Description System (BDS) -en español Sistema de Descripción de Construcción- que fue el primer software para describir los elementos individuales de la librería que se pueden extraer y agregar a un modelo. Este programa utiliza una interfaz gráfica de usuario, vistas ortogonales y en perspectiva, y una base de datos ordenable que permite al usuario

extraer información categóricamente por atributos, incluyendo el tipo de material y proveedor. El proyecto fue diseñado por Charles Eastman quien se formó como arquitecto en Berkeley y trabajó en ciencias de la computación en la Universidad Carnegie Melon. Eastman continúa como experto en la tecnología BIM y es profesor de la Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Georgia.

Eastman afirma que los dibujos para la construcción son ineficientes y causan redundancias de un objeto que se representa en varias escalas. También critica planos hechos en papel por su tendencia a deteriorarse con el tiempo y dejar de representar el edificio a medida que se producen renovaciones y estos planos no se actualizan.

Eastman concluyó que BDS reduciría el costo de diseño, a través de "redacción y análisis de la eficiencia" en más de un cincuenta por ciento. El proyecto de Eastman fue financiado por DARPA, la Agencia de Proyectos de Investigación Avanzada y fue escrito antes de la era de las computadoras personales, en un ordenador PDP-10. Muy pocos arquitectos fueron alguna vez capaces de trabajar en el sistema BDS y en su poco claro entorno, si es que los proyectos se realizaron utilizando el software. BDS fue un experimento que identificaría algunos de los problemas más fundamentales que deberían abordarse en el diseño arquitectónico en los próximos cincuenta años. El siguiente proyecto de Eastman, GLIDE (Gráfica del Idioma de Diseño Interactivo) creado en 1977 en la CMU, exhibió la mayor parte de las características de una plataforma BIM moderna.

A principios de la década de 1980 hubo varios sistemas desarrollados en Inglaterra que ganaron fuerza y se aplicaron a proyectos construidos. Estos incluyen GDS, EdCAAD, Cedar, RUCAPS, Sonata y Reflex. El sistema de software desarrollado por RUCAPS GMW Computers en 1986 fue el primer programa en utilizar el concepto de escalonamiento temporal de los procesos de construcción y se utilizó para ayudar en la construcción por etapas del Heathrow Airport Terminal three, en Reino Unido (Figura 3-3). La fundación del Center for Integrated Facility Engineering (CIFE) en Stanford en 1988 por Paul Teicholz marca otro hito en el desarrollo de BIM, ya que esto crea una fuente de estudiantes de doctorado y colaboraciones de la industria para promover el desarrollo de modelos de construcción de "cuatro dimensiones" con atributos de tiempo para la construcción (Figura 3-4). Esto marca un punto importante en el que dos tendencias en el desarrollo de la tecnología BIM se dividirían y se desarrollarían en las próximas dos décadas. Por un lado, el desarrollo de herramientas especializadas para múltiples disciplinas para servir a la industria de la construcción y mejorar la eficiencia en la construcción. En el otro lado es el tratamiento del modelo BIM como un prototipo que podría ser probado y simulado frente a los criterios de rendimiento.



Figura 3-3: Heathrow Airport, UK



Figura 3-4: Center for Integrated Facility Engineering (CIFE)

Un ejemplo más tarde, pero prominente de una herramienta de simulación que le dio retroalimentación y soluciones "sugeridas" basado en un modelo es el Building Design Advisor (Asesor de diseño del edificio), desarrollado en el Lawrence Berkeley National Lab a partir de 1993. Este software utiliza un modelo de objetos de un edificio y su contexto para realizar simulaciones. Este programa fue uno de los primeros en integrar el análisis gráfico y simulaciones para proporcionar información acerca de cómo el proyecto se podría llevar a cabo dadas las condiciones alternativas con respecto a los proyectos de orientación, geometría, propiedades de los materiales y sistemas de construcción. El programa también incluye asistentes básicos de optimización para tomar decisiones sobre la base de una serie de criterios que se almacenan en conjuntos llamados "Soluciones" (Figura 3-5)

```
POLY PROCEDURE spiral.step(POLY centre;
  REAL riser,radius,r,angle,th)=
BEGIN
  POLY support =
    triangle(radius*0.95,-riser*0.8,th);
  POLY collar = column(12,riser,r);
  POLY plate = wedge(radius,th,angle);
  ! return the result of shape operations;
  CUT centre FROM COMBINE collar WITH
    COMBINE support WITH plate
END;

To make spiral staircase, (dimensions in inches)
SET PROCEDURE spiral.stair(ht,radius,angle)=
  BSET; INTEGER numsteps; REAL riser;
  numsteps = ht/8.0;
  riser = ht/numsteps;
  POLY centre = column(12,ht*32.0,5.0);
  POLY step = spiral.step(centre,
    riser,radius,3.0,angle,8.625);
  FOR i TO numsteps
    DO COPY step=18,riser*i \8,angle*i;
  ESET;

SET stair1 = spiral.stair(100.0,46.0,30.0);
```

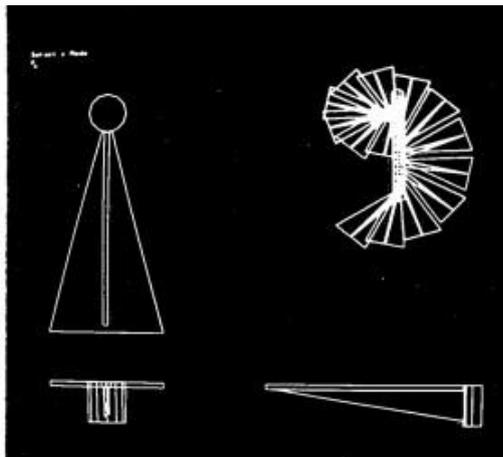


Figura 3-5: La entrada de la izquierda genera las escaleras a la derecha que se pueden ajustar de forma paramétrica. GLIDE de Charles Eastman fue uno de los primeros programas para incorporar la mayor parte de las principales características presentes en el software BIM de hoy.

Imagen a través de papel de Charles Eastman "GLIDE".

3.2.4 Edificio Virtual

Si bien los acontecimientos estaban ocurriendo rápidamente en los Estados Unidos, el bloque soviético tenía dos genios de programación que acabarían definiendo el mercado BIM como se le conoce hoy en día. Leonid Raiz y Gábor Bojár pasarían a ser los respectivos co-fundador y fundador de Revit y ArchiCAD. ArchiCAD desarrollado en 1982 en Budapest, Hungría por Gábor Bojár, un físico que se rebeló contra el gobierno comunista y comenzó una compañía privada. Gábor escribió las primeras líneas de código. Usando una tecnología similar al Sistema de Descripción de

Construcción, el software Radar CH fue lanzado en 1984 para el sistema operativo de Apple Lisa (Figura 3-6). Éste más tarde se convirtió en ArchiCAD, lo que hace a ArchiCAD el primer software BIM que se puso a disposición en un ordenador personal.



Figura 3-6: Esta captura de pantalla de Radar CH (más tarde ArchiCAD) muestra hasta qué punto las capacidades de modelado BIM se habían desarrollado para 1984, el primer lanzamiento importante BIM en un ordenador personal.

Imagen a través de Graphisoft.

El software fue lento al principio, y Bojár tuvo que luchar con un clima de negocios hostil y las limitaciones del software de la computadora personal, por lo que ArchiCAD no se utilizó en proyectos a gran escala hasta mucho más tarde. ArchiCAD ha logrado avances sustanciales en la base del usuario desde 2007 hasta el 2011, principalmente como una herramienta para el desarrollo de proyectos residenciales y pequeños proyectos comerciales en Europa. Las recientes mejoras han hecho a ArchiCAD un jugador importante en el mercado a pesar de los problemas fundamentales, como la falta de un componente de reducción progresiva y un complicado (pero flexible) entorno de programación para sus componentes de la familia usando GDL (Geometric Description Language). Hasta la fecha, Graphisoft afirma que más de 1.000.000 de proyectos en todo el mundo han sido diseñados utilizando ArchiCAD.

No mucho después que Graphisoft comenzó a vender los primeros asientos de Radar CH, Parametric Technology Corporation (PTC) se fundó en 1985 y lanzó la primera versión de Pro / ENGINEER en 1988. Éste es un programa de CAD mecánico que utiliza un motor de modelado paramétrico restringido. Equipado con el conocimiento de trabajar en Pro / ENGINEER, Irwin Jungreis y LeonidRaiz se separaron de PTC y comenzaron su propia compañía de software llamado Charles River Software en Cambridge, MA.

Los dos querían crear una versión arquitectónica del software que pueda manejar proyectos más complejos que ArchiCAD. Contrataron a David Conant como su primer empleado, quien es un arquitecto entrenado y diseñó el interfaz inicial que duró nueve lanzamientos. En 2000, la compañía había desarrollado un programa llamado “Revit”, una palabra compuesta que implica revisión y velocidad, el cual fue escrito en C++ y utiliza un motor de cambios paramétricos, hecho posible a través de la programación orientada a objetos. En 2002, Autodesk compró la compañía y comenzó a promover fuertemente el software en competencia con su propio software basado en objetos “Architectural Desktop”.

Revit revolucionó el mundo de Modelado de Información mediante la creación de una plataforma que utiliza un entorno de programación visual para crear familias paramétricas y permitiendo para un atributo de tiempo, ser añadido a un componente para permitir una “cuarta dimensión” de tiempo que sea asociada con el modelo del edificio. Esto permite a los contratistas generar cronogramas de construcción basados en los modelos BIM y simular el proceso de construcción. Uno de los primeros proyectos en utilizar Revit para el diseño y la construcción de la programación fue el proyecto de la Freedom Tower en Manhattan (Figura 3-7). Este proyecto se completó en una serie de modelos BIM separados pero *linkeados** que estaban ligados a los cronogramas para proporcionar la estimación de costos y cantidades de materiales en tiempo real. Aunque el programa de construcción de la Freedom Tower ha sido atormentado por cuestiones políticas, la mejora de la coordinación y la eficiencia en la obra ha catalizado el desarrollo del software integrado que podía ser utilizado para ver e interactuar con los modelos de los arquitectos, ingenieros y contratistas en superposición simultánea.



Figura 3-7: Freedom Tower, World Trade Center – Manhattan, New York, EEUU

**linkeados*: Término utilizado entre los usuarios de Revit que indica que un modelo BIM ha sido introducido dentro de otro.

3.2.5 Hacia una Arquitectura de Colaboración

Ha habido una tendencia a la vinculación de los archivos de arquitectura con los de los ingenieros que crean los sistemas de apoyo de éstos, que se ha hecho más frecuente en los últimos siete años, ya que Autodesk ha lanzado versiones de Revit específicas para los ingenieros estructurales y mecánicos. Este aumento de la colaboración ha tenido impactos en toda la industria, incluyendo un movimiento de alejamiento de los contratos de diseño-licitación-construcción hacia la ejecución de proyectos integrados, donde muchas disciplinas suelen trabajar en conjunto con mutuo acceso de los modelos BIM que se actualizan en diversos grados de frecuencia. Un archivo central toma un objeto y se aplica un atributo de la propiedad para que un usuario que está trabajando en un proyecto determinado pueda ver todos los objetos, pero sólo puede cambiar los que están en un “plan de trabajo” (workset) determinado. Esta característica lanzada en Revit6 en 2004, permite a los grandes equipos de arquitectos e ingenieros trabajar en un modelo integrado -es como un software de colaboración. En la actualidad hay varias empresas que trabajan para la visualización de los modelos BIM en el campo utilizando la realidad aumentada.

Una amplia variedad de programas utilizados por los arquitectos e ingenieros hace difícil la colaboración. La variedad de formatos de archivo diferentes pierden fidelidad a medida que se avanza a través de plataformas, especialmente los modelos BIM ya que la información es jerárquica y específica. Para combatir esta ineficiencia, *Le Format de archive de la International Foundation Class (IFC)* fue desarrollado en 1995 y ha continuado su adaptación para permitir el intercambio de datos de un programa BIM a otro. Este esfuerzo se ha visto aumentado por el desarrollo de softwares como Navisworks que está exclusivamente diseñado para coordinar a través de los diferentes formatos visualización de archivos. Navisworks permite la recopilación de datos, simulación de construcción y detección de conflictos y es utilizado por la mayoría de los principales contratistas en los EE.UU. de hoy.

Siguiendo los pasos del Building Design Advisor (Asesor de Diseño de la Construcción), programas de simulación como Ecotect, Energía Plus, IES y Green Building Studio permiten que el modelo BIM sea importado directamente y que los resultados sean obtenidos de las simulaciones. En algunos casos son simulaciones que se construyen directamente en el software de base. Este método de visualización para el diseño de iteración se ha introducido a Vasari de Autodesk, un programa beta independiente similar al entorno conceptual de modelado de Revit donde se pueden calcular los estudios solares y niveles de insolación utilizando datos meteorológicos, similar al paquete Ecotect. Autodesk, a través de su crecimiento y la adquisición de una amplia variedad de software relacionado con BIM, ha contribuido a la expansión de lo que es posible a partir del análisis de un modelo. A finales de noviembre de 2012, se desarrolló FORMIT, una aplicación que permite iniciar a través de dispositivos móviles los inicios conceptuales de un modelo BIM, un gran salto para la compañía.

3.2.6 Práctica contemporánea y Diseño Académico

Algunos han tomado una postura negativa sobre BIM y lo paramétrico, ya que asumen demasiado sobre el proceso de diseño y limitan cualquier trabajo producido al conocimiento del usuario sobre el programa. Esto puede permitir que un diseñador principiante que ha aprendido cómo realizar comandos básicos se convierta en un productor muy prolífico, mientras que un arquitecto muy formado y con experiencia puede ser paralizado por la falta de experiencia con una interfaz de programas o

conceptos subyacentes. Esto crea un potencial para una línea de ruptura generacional que se hace más dura a medida que la nueva tecnología gana paridad en el Mercado.

Algunas plataformas BIM que tienen una pequeña participación en el mercado, pero han hecho grandes impactos en el mundo del diseño, incluyen Generative Components (GC), desarrollado por Bentley Systems en 2003. El sistema de GC se centra en la flexibilidad paramétrica y en la geometría escultural y soporta superficies NURBS. La interfaz depende de un entorno de scripting basado en nodos que es similar al de Grasshopper para generar formas. Digital Project es un programa similar que fue desarrollado por Gehry Technologies alrededor del 2006 basado en CATIA, un programa de diseño (y uno de los primeros programas de CAD) que se ha desarrollado como un proyecto de la casa en los sistemas Dassault, un fabricante de aviones franceses. Estas dos plataformas han dado lugar a una especie de revolución en el diseño brindando el poder para repetir y transformar logrando formas arquitectónicas especialmente complejas y provocadoras.

Patrick Schumacher ha acuñado el movimiento de la construcción de modelos paramétricos en arquitectura, específicamente aquellos que permiten superficies NURBS y entornos de scripting como 'parametricismo' en su 2008 "Parametricist Manifesto".

"La actual fase de ascenso dentro parametricismo refiere tanto al avance continuo de las tecnologías de diseño computacional concomitantes, ya que se debe a la realización de los diseñadores de las únicas oportunidades formales y organizativas que se les concede. Parametricismo sólo puede existir a través de técnicas paramétricas sofisticadas. Por último, las técnicas de diseño de cómputo avanzado como secuencias de comandos (en Mel-script o Rhino-script) y el modelado paramétrico (con herramientas como GC o DP) se están convirtiendo en una realidad omnipresente. Hoy en día es imposible competir dentro de la escena vanguardista contemporáneo sin el dominio de estas técnicas".

Dado que estas técnicas se han vuelto cada vez más complejas, se ha convertido en un componente de las escuelas de arquitectura que se especifica para entrenar en el software específico. Un estudiante con el conocimiento de sólo un tipo de plataforma de software bien puede ser entrenado para diseñar de acuerdo a las bases de los programas que están utilizando para representar sus ideas. El software realiza tareas útiles introduciendo un procedimiento en un conjunto de acciones que han sido diseñadas explícitamente por un programador. El programador tiene una idea de lo que es de sentido común y simula un flujo de trabajo utilizando las herramientas a su disposición para crear una meta idealizada. En el caso de las herramientas BIM, el edificio se representa como componentes, incluyendo paredes, techos, pisos, ventanas, columnas, etc. Estos componentes tienen reglas o restricciones predefinidas que les ayudan a realizar sus respectivas tareas.

Las plataformas BIM representan paredes como objetos con capas, estas capas se definen en términos de la profundidad y la altura de una pared y se extruyen a lo largo de la longitud de una línea. Entonces, el programa tiene la capacidad de calcular el volumen de material contenido dentro del conjunto de pared y crear secciones y detalles de la pared fácilmente. Este tipo de flujo de trabajo se basa en las normas de construcción y de la industria de valores comunes existentes y, por tanto, un proyecto que se produce en una plataforma BIM que hace hincapié en estas herramientas es probable que refuerce paradigmas existentes en lugar de crear otros nuevos. Una

excepción notable que se ha encontrado para esto es el trabajo de Charles Eastman quien recibió una Maestría en Arquitectura de Berkeley antes de trabajar en la descripción del Sistema de Construcción. Las raíces de las principales plataformas de BIM que están en uso hoy en día se han desarrollado por los programadores con el periférico de entrada de híbridos programador / arquitectos y una base de usuarios global que contribuye al desarrollo del software a través de "listas de deseos" o foros en línea donde los agravios pueden ser transmitidos sobre un flujo de trabajo de productos. Las quejas suelen dar lugar a nuevas características y se basan en la interfaz existente.

Aunque el concepto general y la tecnología detrás de BIM se están acercando a su trigésimo aniversario, la industria apenas ha comenzado a darse cuenta de los beneficios potenciales de los Modelos de Información de Construcción. Como llegamos a un punto donde la mayoría de los edificios están siendo elaborados digitalmente, un mercado de edificios existentes, donde los materiales de construcción y componentes estructurales pueden ser comprados y vendidos localmente, emergerá. Prácticas de diseño sostenibles refuerzan una actitud de diseño para el desmontaje y un mercado de estas partes es esencial. Tendencias en la interacción computacional humana, la realidad ampliada, el uso de la "nube" computacional, el diseño generativo y el diseño y construcción virtual siguen influyendo rápidamente en el desarrollo de BIM. Si se mira hacia atrás en el pasado, es más fácil darse cuenta de que el momento presente es un momento emocionante para los diseñadores y programadores en esta industria en constante evolución.

A continuación se presentará una empresa que está incorporándose a las tecnologías BIM: Cambridge Architectural. Esta compañía ha decidido pasar del diseño 2D a las plataformas BIM de 3D, y para ello confió en la empresa ENGworks. La práctica supervisada consistió en generar estos modelos 3D para diversos proyectos de CA, pero antes de pasar a ellos es necesario entender de qué trata y a qué se dedica Cambridge Architectural.

5. CAMBRIDGE ARCHITECTURAL

5.1 EL INICIO DE LAS MALLAS METÁLICAS EN LA ARQUITECTURA

La empresa Cambridge Architectural comenzó con una visión arquitectónica que percibe a las mallas metálicas tejidas como una alternativa única y hermosa al diseño tradicional. La malla, o tela metálica tejida, es un recién llegado a la arquitectura. Durante más de un siglo, la tela metálica tejida se ha utilizado en la industria - escondida en fábricas oscuras, escondida detrás de los extractores de aire, o enrollada a través de hornos abrasadores. Dentro de sus aplicaciones industriales la podemos encontrar como cinta transportadora industrial, como cinturón de hornear o como un filtro de malla que ayuda a filtrar las partículas no deseadas durante el proceso de fabricación de la cerveza. La conformabilidad y resistencia del metal de la malla hizo que sea fácil de tejer y convertirla en un material resistente pero ligero que pudiera soportar las condiciones más duras durante un período prolongado de tiempo.

En la década de 1950, los paneles rígidos de bronce de tejido apretado y / o acero inoxidable comenzaron a ser utilizados como un material de revestimiento para cabinas de ascensor. La primera instalación realizada por Cambridge Architectural fue para revestir el interior de un ascensor, en el mundialmente famoso Edificio Seagram en Nueva York (Figura 4-1). El material resultó ser un ajuste perfecto para la aplicación. Le dio a la cabina del ascensor un aspecto refinado, exclusivo, y además, fue capaz de soportar el castigo diario de los usuarios. Esta malla cerrada rígida continuó utilizándose para este fin durante las siguientes 4 décadas y su aplicación se extendió a puertas de ascensor, paredes de vestíbulos y puertas de entrada.



Figura 4-1: Foto reciente de una instalación de 1957 de revestimiento de malla en el edificio Seagram en Nueva York. Más de cinco décadas después, el revestimiento sigue siendo casi tan prístino como el día que fue instalado.

Pero no fue hasta 1993, que las telas metálicas abiertas y flexibles – aquellas mismas utilizadas como cintas transportadoras industriales - comenzaron a ser utilizadas arquitectónicamente. La primera aplicación de arquitectura a gran escala y de alto perfil con tela metálica abierta flexible, se le atribuye al arquitecto francés Dominique Perrault. Por su diseño de la Biblioteca Nacional de Francia, Perrault envuelve las paredes y los techos de la instalación con este material, añadiendo textura al expansivo vidrio y ricas maderas que dominan el diseño. Como la original estética y funcionalidad del material fue descubierto, en la década siguiente se vio una constante adopción del nuevo material arquitectónico, primero en Europa, luego en los Estados Unidos y Canadá.

En los años siguientes, con la asociación a un equipo de arquitectos, se comenzó a tomar conciencia de las numerosas funcionalidades que se le podría dar a las mallas metálicas. Es así como el equipo de Cambridge comenzó a desarrollar una nueva visión para integrar a las mallas metálicas tejidas al ambiente de la construcción. Desde este momento, los sistemas de malla arquitectónicos se han desarrollado para alcanzar criterios estéticos y funcionales específicos. Por ejemplo, algunos sistemas de mallas arquitectónicas están diseñados para satisfacer los requisitos de protección contra las caídas, mientras que otros están diseñados para proteger a las personas y

bienes de los escombros impulsados por los vientos huracanados. Pero estos son sólo dos de las muchas funciones que los sistemas de mallas arquitectónicas pueden realizar.

5.2 LAS MALLAS METÁLICAS DE CAMBRIDGE ARCHITECTURAL

La amplia gama de funcionalidad es lo que alimenta la continua demanda de malla arquitectónica. Hoy en día, la malla arquitectónica está apareciendo en lugares nunca antes imaginados: desde instalaciones religiosas, hasta aeropuertos. Desde tiendas comerciales, tanto interior como exterior, hasta prácticamente todos los sectores del mercado exterior, tanto comerciales como residenciales.

Ahora vamos a explorar la anatomía de un sistema de malla arquitectónica. Hay tres componentes en cualquier sistema de malla arquitectónica:

- Aplicación
- Sistema de acoplamiento/Hardware
- Trama/Forma de tejido

Al diseñar con mallas, es importante comprender cada uno de estos componentes y el orden en que cada uno debe ser considerado para lograr la intención del diseño al mismo tiempo que se maximiza la funcionalidad del sistema. El no adherirse a este orden, por ejemplo, puede dar lugar a la elección de un determinado patrón de malla arquitectónica que no es compatible con una aplicación específica, o la selección de accesorios de sujeción que no son compatibles con la malla que desea. A continuación se va a examinar cada uno de estos componentes en detalle.

5.3 APLICACIONES DE LA MALLA DE TEJIDO METÁLICO

Lo primero es la aplicación que se le dará a la malla: es decir dónde y cómo se va a utilizar la misma. Por ejemplo, entre otras muchas cosas, la malla puede: esculpir un espacio interior o exterior, guiar el tránsito peatonal, proteger a las personas y la propiedad, proporcionar ventilación, transmitir la luz a través de un espacio que de otra manera sería amurallada, o reducir el resplandor y la ganancia de calor solar.

Para ayudar a definir una aplicación, aquí hay cinco categorías de aplicaciones populares que maximizan la funcionalidad de malla:

- Estructuras abiertas
- Iluminación natural y sombra
- Interiores
- Seguridad y Protección de personas y bienes
- Fachadas
- Efectos de malla

A continuación se describirán en detalle, enumerando las funciones proporcionadas por cada uno. Por supuesto, esto representa sólo algunas aplicaciones de las mallas arquitectónicas. Es imposible predecir cuán imaginativos los arquitectos serán con la próxima aplicación de la malla.

4.3.1 Estructuras abiertas

En primer lugar, se las puede aplicar en estructuras abiertas. Aquí, la malla arquitectónica ofrece seis funciones fundamentales:

- Protección contra caídas
- Ventilación
- Mejora la visibilidad
- Reducción de la contaminación lumínica
- Protección solar
- Reducción del resplandor solar

A continuación se verán algunos ejemplos de estas aplicaciones:

Debido a la naturaleza abierta de malla, su uso en el exterior de estructuras abiertas, como esta playa de estacionamiento, mantiene los requisitos de las estructuras abiertas (Figura 4-2)



Figura 4-2: Estructuras abiertas – Playa de Estacionamiento

O esta torre de escalera abierta. En ambos casos, los arquitectos y propietarios aprecian la economía de revestir estas estructuras extremadamente largas, con paneles anchos de malla sostenidas en tensión (Figura 4-3)

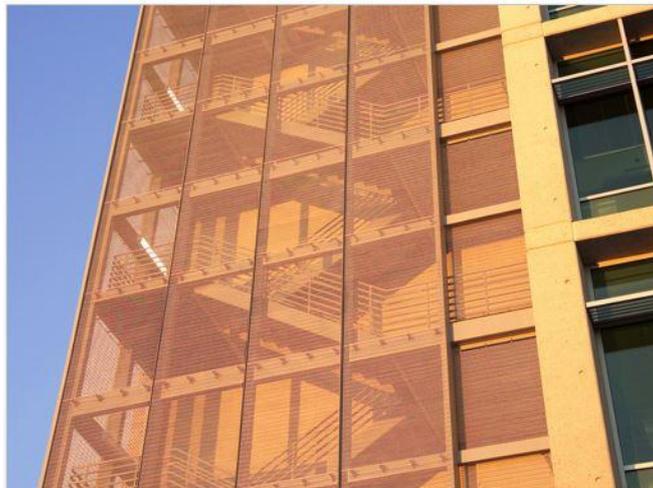


Figura 4-3: Estructuras abiertas – Protección contra caídas y revestimiento con mallas metálicas

La *protección contra caídas* es el beneficio funcional más obvio de estos sistemas. Los paneles de malla en combinación con el método utilizado para fijarla a la estructura abierta, fácilmente cumple con todos los principales códigos de construcción que garantizan la seguridad de protección contra caídas (Figura 4-3)

Algunas tramas de la tela metálica proporcionan un área abierta de más del 60%. Esto significa que los sistemas de *ventilación* pueden ser reducidos o eliminados por completo. La capacidad de la malla para maximizar la ventilación es ventajosa. Tiene capacidad para un suministro continuo de aire fresco y ayuda a disipar el humo en un evento de fuego (Figura 4-4)

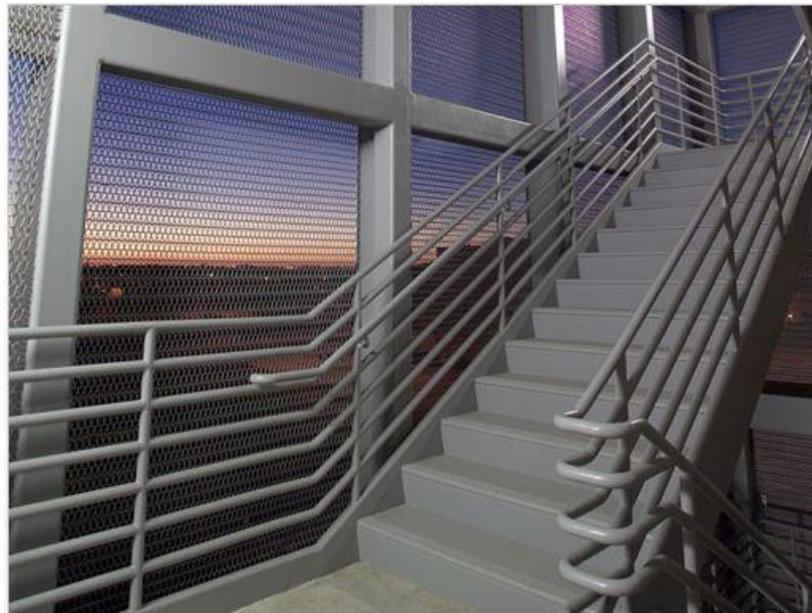


Figura 4-4: Estructuras abiertas – Sistema de ventilación con mallas de tejido metálico

Del mismo modo, en los garajes de estacionamiento, el humo del caño de escape de los automóviles es fácilmente ventilado.

En las estructuras de estacionamiento, la malla también ayuda a *atenuar las luces* de los vehículos por la noche, que de otra manera pueden ser una molestia regular para los ocupantes de los edificios adyacentes.

A su vez, la malla provee *sombra de la luz solar*. Como resultado, ayuda a mantener la confortabilidad de los vehículos en los días calurosos de verano.

La malla también *reduce el resplandor del sol*, sobre todo al amanecer y al atardecer, para hacer una experiencia de usuario más agradable. (Figura 4-5)



Figura 4-5: Estructuras abiertas – Reducción del resplandor solar

Con los sistemas de mallas de arquitectura, los arquitectos de hoy en día están elevando el diseño de garages hacia nuevos niveles de sofisticación. Están diseñando estructuras con cierto encanto, mucho más interesantes visualmente y atractivas en comparación con las estructuras de estacionamientos del pasado, que reflejan y complementan el entorno, que se extienden a la imaginación y redefinen el verdadero potencial de una estructura utilitaria.

4.3.2 Iluminación natural y Sombreado

La siguiente categoría de aplicación es la iluminación natural y sombreado. La malla arquitectónica ofrece cuatro funciones como parte de la estrategia integral de iluminación natural del edificio:

- Ganancia de calor solar
- Reducción del resplandor solar
- Mantenimiento de la visual
- Confort del Ocupante

Se abarcará brevemente cada una de ellas:

La *ganancia de calor solar* es una desafortunada consecuencia de intentos de entregar luz natural a un edificio. Vidrios de baja emisividad o el polarizado de ventanas pueden ayudar a limitar el aumento de calor. Pero la combinación de estas estrategias con los sistemas de protección de malla de arquitectura, situado en el exterior del edificio, alcanza reducciones de ganancia de calor solar incluso mayores.

Otro de los retos de la iluminación natural eficaz es el control de *deslumbramiento*. Una ráfaga de luz directa del sol en los ojos no es una experiencia agradable. Las mallas metálicas arquitectónicas ayudan a reducir el deslumbramiento, creando un interior más cómodo visualmente.

En un intento de controlar el deslumbramiento y la ganancia de calor, algunos productos, como persianas o postigones, reducen en extremo la visual. No es así con

estas mallas arquitectónicas. Reducen efectivamente la ganancia de calor y el deslumbramiento, y todavía mantienen la vista del ocupante hacia el mundo exterior. Los sistemas de iluminación natural y sombreado conseguidos con la malla arquitectónica tienen como consecuencia en el interior de edificio temperaturas confortables y luz difusa, y vistas al exterior todo lo cual contribuye con el confort y el bienestar de los ocupantes.

Hay cuatro configuraciones básicas en que la malla puede ser instalada en el exterior de un edificio: **velo**, **visor**, **aletas** y **toldo**. El uso estratégico de estas configuraciones ofrece una solución de sombras para el edificio.

Por ejemplo, dependiendo del ángulo del edificio y el resultado deseado, la malla puede “ocultar” una fachada mediante la ejecución paralela a ella, aquí es un sistema **velo** agarrado en tensión para muro cortina de vidrio (Figura 4-6). Las instalaciones en velo son excelentes para fachadas orientadas al sur, pero también son excelentes para los lados este y oeste para reducir el resplandor en la mañana temprano y por la tarde.

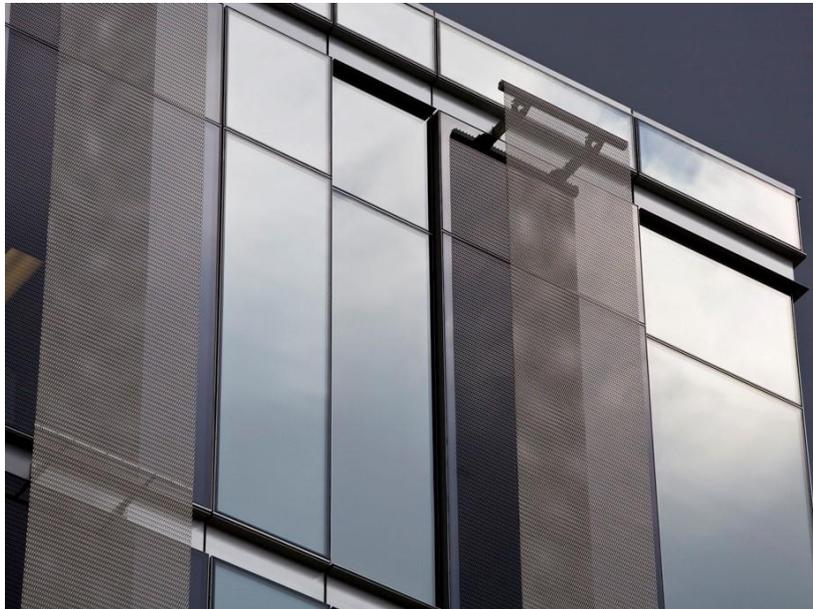


Figura 4-6: Sistema de sombreado tipo Velo

La siguiente configuración es como **visera**. Esta estrategia de sombreado se utiliza para manejar las horas pico de sol cuando el sol está bien arriba. En lugar de persianas, la malla se utiliza como el material de sombreado para una visera, creando un acento articulado interesante (Figura 4-7).



Figura 4-7: Sistema de sombreado tipo Visera

Con una configuración de **aleta**, la malla se instala perpendicular a una fachada. Las aletas son útiles para el sombreado de la luz solar que entra al edificio en un ángulo. Aquí, los grandes paneles continuos de tela de malla se suspenden en tensión en la parte superior e inferior. Accesorios intermedios mantienen los paneles de malla alineados (Figura 4-8).

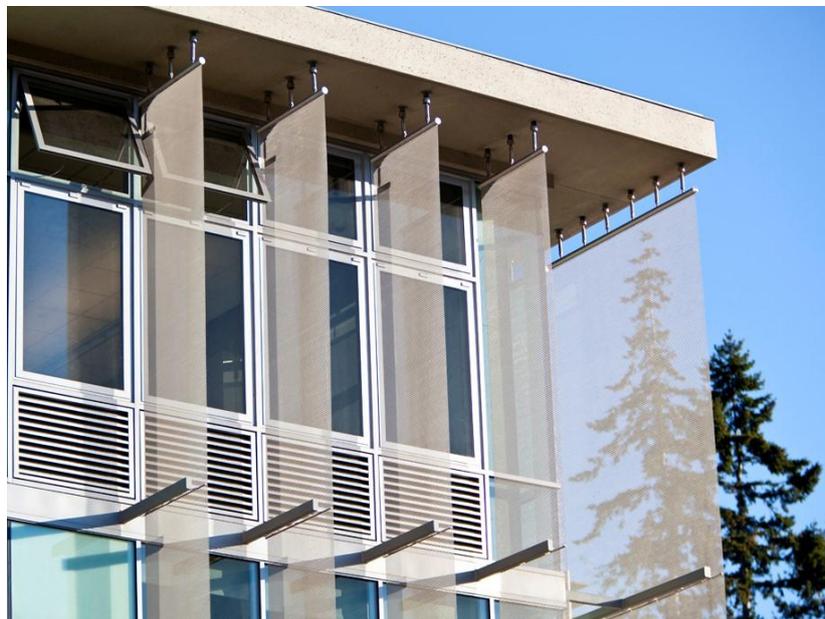


Figura 4-8: Sistema de sombreado tipo Aleta

La configuración final de sombreado es el tipo **toldo**. Esta estructura ramada a gran escala emplea filas de paneles de malla tejida en lo alto en tensión utilizando los cables y accesorios de acero inoxidable para crear un dosel (Figura 4-9).



Figura 4-9: Sistema de sombreado tipo Toldo

Los arquitectos están comenzando a explorar este nuevo notable material de sombreado, altamente durable en el exterior. Su estética intrigante desmiente su capacidad para realizar funciones tan importantes.

Los sistemas de cortinas de malla de arquitectura transforman un exterior tradicional en un diseño elegante y moderno. Es cuestión de imaginarse cómo se puede pasar de tener un exterior simple y ordinario, a moderno y funcional con un sistema de sombreado de malla arquitectónica.

Pero estos sistemas de sombreado también pueden ser utilizados en el interior del edificio: la malla flexible puede ser instalada como una cortina móvil (Figura 4-10). Aunque no es tan eficaz en la reducción de la ganancia de calor, debido a su ubicación interior, todavía proporciona una reducción efectiva del deslumbramiento, manteniendo una hermosa vista del exterior.



Figura 4-10: Sistema de sombreado interior tipo Cortina móvil

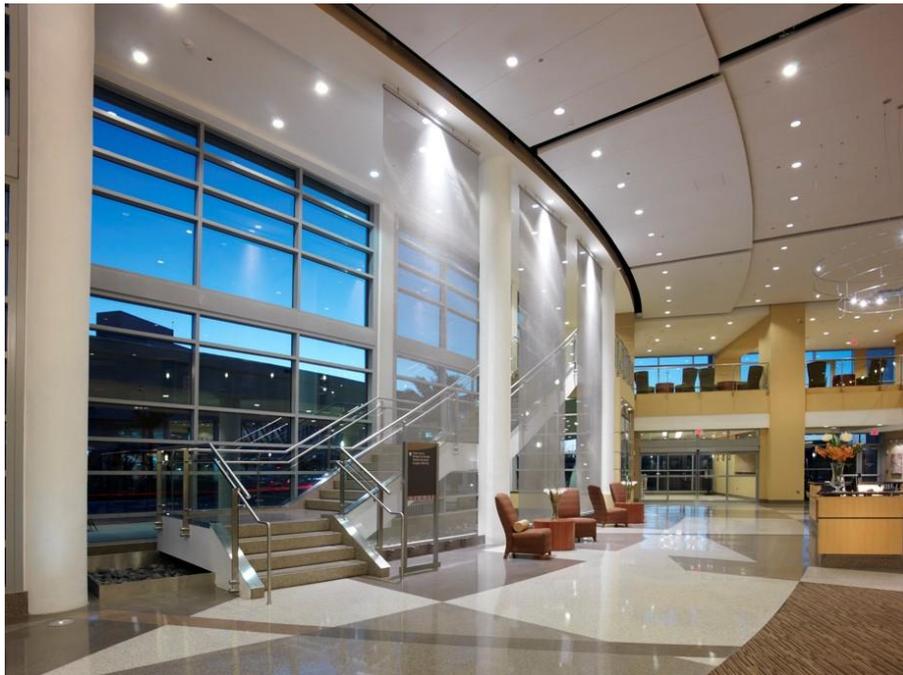


Figura 4-11: En este vestíbulo de hospital, un área de recepción se enfrenta a una gran pared de ventanas. Para sombrear estas ventanas, largos paneles de malla se instalan de piso a techo en tensión ayudando a que la zona de recepción sea más cómoda para los pacientes, clientes y empleados.

4.3.3 Interiores

A continuación, se analizarán seis funciones que la malla puede realizar cuando se emplea para aplicaciones de diseño de interiores:

- Revestimiento de interiores
- Esculpir el espacio
- Ventilación
- Acústica
- Trasmisión de luz
- Enmascaramiento de instalaciones

Como se mencionó anteriormente, los paneles de tejidos metálicos rígidos se han utilizado como *revestimiento* de cabinas de ascensor durante casi sesenta años. Inició en un ascensor de uno de los rascacielos más antiguos de Estados Unidos y es probable que hoy en día este revestimiento de acero inoxidable o de bronce intrincadamente tejido se encuentre en la mayoría de los ascensores de los edificios de este país.

Para los espacios de alto tránsito, sometidos a un castigo continuo de maletines golpeando, carretillas, y el equipaje, la indestructibilidad virtual de la malla arquitectónica la convierte en un complemento perfecto para este tipo de aplicaciones.

Por esta razón, los revestimientos de malla a menudo se extienden por fuera de las cabinas del ascensor, en el exterior de puertas del mismo, y al exterior del edificio, para puertas de entrada y para las paredes circundantes de las entradas.

Otra función popular de la malla en interiores, es *esculpir el espacio*. Con la malla, este restaurante crea habitaciones o espacios distintos, sin muros opacos tradicionales (Figura 4-12). La intimidad se establece sin sacrificar la apertura. La luz y el aire fluyen libremente a través de la frontera de la cortina de tejido metálico. Sin embargo, dependiendo de la dirección de la iluminación, esta misma malla transparente puede ser utilizada para generar un ambiente más opaco, simplemente cambiando el esquema de iluminación.



Figura 4-12: Diseño de interiores – Malla metálica como separadora de ambientes

Sin embargo, otro buen ejemplo de esculpido del espacio con malla arquitectónica se

encuentra en el teatro del Planet Hollywood Resort y Casino en Las Vegas. Aquí, una serie de paneles de malla flexible se pueden subir y bajar con sólo pulsar un botón para reducir el número de asientos del teatro para dar la impresión de una casa llena sin importar lo pequeño de la audiencia (Figura 4-13).



Figura 4-13: Diseño de Interiores – Planet Hollywood Resort & Casino Theater, Las Vegas

La malla también puede esculpir el espacio de arriba. Aquí, malla flexible ondula agradidamente el techo en todo su largo (Figura 4-14).



Figura 4-14: Diseño de Interiores – Esculpido de espacio: techo

Los paneles de malla pueden esculpir un gran espacio interior mientras realizan otras

funciones, como ocultar el funcionamiento interno de una gran terminal aeroportuaria, mientras crean difusión de la luz y cortan el resplandor del sol que entra a través de ventanas en la parte superior del espacio (Figura 4-15).



Figura 4-15: Esculpido del espacio + Enmascaramiento de instalaciones + Trasmisión de luz

En esta gran sala de conciertos, paneles de pared de malla de bronce son parte del *sistema acústico* de la sala (Figura 4-16). El patrón de malla específica se selecciona en base a su transparencia acústica.

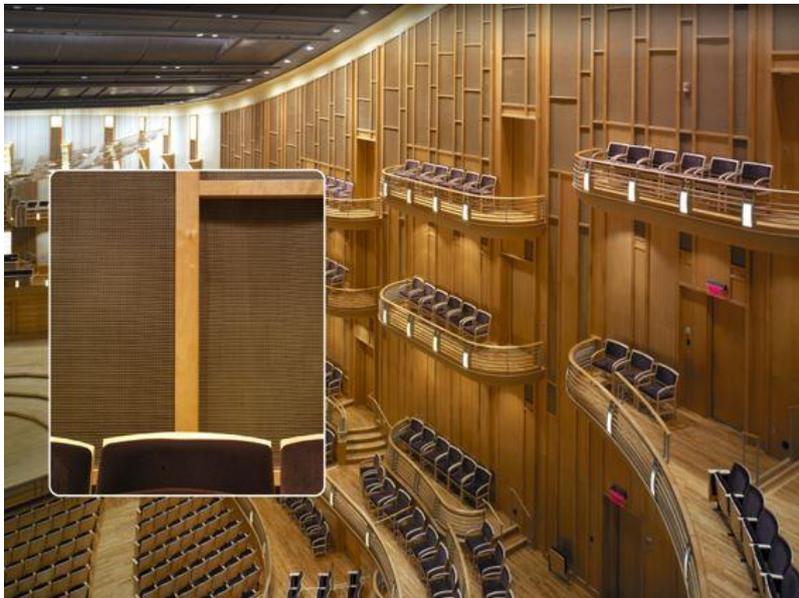


Figura 4-16: Malla metálica como parte del sistema acústico de una sala de conciertos

Desde revestimientos protectores indestructibles para paredes de vestíbulos y cabinas de ascensores a los sistemas de techos que ocultan sistemas mecánicos y suavemente crean una difusión de la iluminación, los sistemas de mallas arquitectónicas de interiores pueden realizar una multitud de funciones útiles.

4.3.4 Seguridad y Protección de personas y bienes

La siguiente categoría de aplicación es la seguridad y protección de personas y bienes. Vamos a explorar estas tres funciones claves:

- Protección contra caídas
- Seguridad
- Protección contra proyecciones

Una popular aplicación de seguridad y protección que tiene la malla arquitectónica es la de proporcionar *protección contra caídas*, tanto para aplicaciones de interior como de exterior. Muchos puentes peatonales de hoy en día están siendo diseñados con énfasis en la estética para que luzcan elegantes y sean acogedores. Este puente peatonal, junto con su rampa de acceso, cuentan con relleno de malla arquitectónica no sólo para la protección contra caídas, sino también para elevar el atractivo estético de la estructura (Figura 4-17).

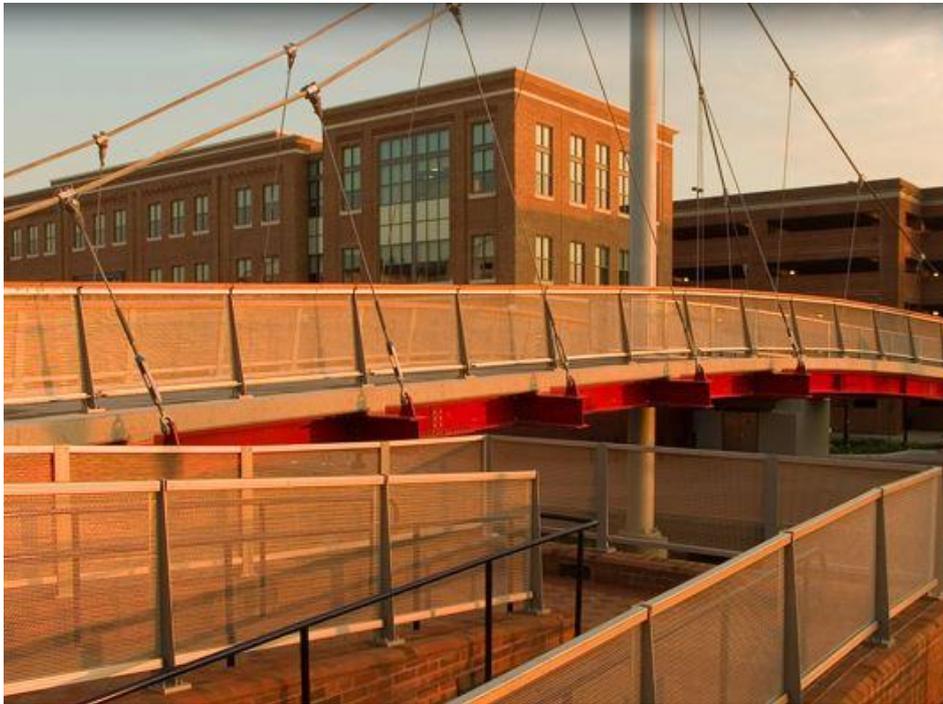


Figura 4-17: Sistemas de mallas de Protección contra caídas

La malla también puede proporcionar *seguridad*. Como lo es en este caso, en la que el tejido metálico flexible se utiliza como una puerta de seguridad en esta tienda situada dentro de un centro comercial cubierto (Figura 4-18)



Figura 4-18: Sistemas de seguridad

Hay incluso sistemas de mallas arquitectónicas que se han diseñado específicamente para proteger edificios de posibles objetos proyectados a alta velocidad durante los huracanes o tornados. Este sistema puede soportar ráfagas de hasta 140 kilómetros por hora y logra la certificación de Miami-Dade.

4.3.5 Fachadas

La siguiente categoría es la aplicación Fachadas. A veces los sistemas de mallas arquitectónicas se incorporan a la fachada de un edificio por razones distintas de la protección solar, protección contra caídas, o ventilación. Otras razones funcionales para el uso de malla también incluyen:

- La marca corporativa
- Esculpido del espacio
- Enmascaramiento

Un sistema de fachada de malla fue seleccionado para esta tienda de ropa en base a un estándar estético específico para la marca (Figura 4-19)



Figura 4-19: Mallas arquitectónicas utilizadas en la marca corporativa de una tienda

El LEED Gold Certified Aria Resort y Casino en Las Vegas dispone de un sistema de fachada de malla ondulada formada por paneles de mallas curvas individuales. En este caso, la malla se ondula a lo largo de una estructura de podio, vistiendo las paredes exteriores y la escalera de salida de la piscina (Figura 4-20)



Figura 4-20: Enmascaramiento y esculpido de fachada

La curva lateral es creada instalando un panel individual de 15 metros de malla flexible, en tensión, que se sujeta en los extremos superior e inferior (Figura 4-21).



Figura 4-21: Sujeción de los paneles curvos

4.3.6 Efectos de malla

A continuación, se verán los efectos que comúnmente se aplican a la malla arquitectónica. Estos efectos incluyen:

- Iluminación
- Grabado
- Recubrimiento de color.

Los arquitectos y diseñadores de *iluminación* disfrutan de los efectos de ésta en las instalaciones de malla en la noche. La superficie altamente reflectante de acero inoxidable refleja la luz eléctrica a la perfección y se lava comúnmente con luz blanca apuntando hacia arriba (Figura 4-22).



Figura 4-22: Reflejo de luz blanca nocturna en fachada de malla metálica

La iluminación de color es también muy popular. Puede ser aplicada tanto para exterior como para interior. En esta playa de estacionamiento de una universidad, la malla se acentúa con una baño del el color de la escuela (Figura 4-23).

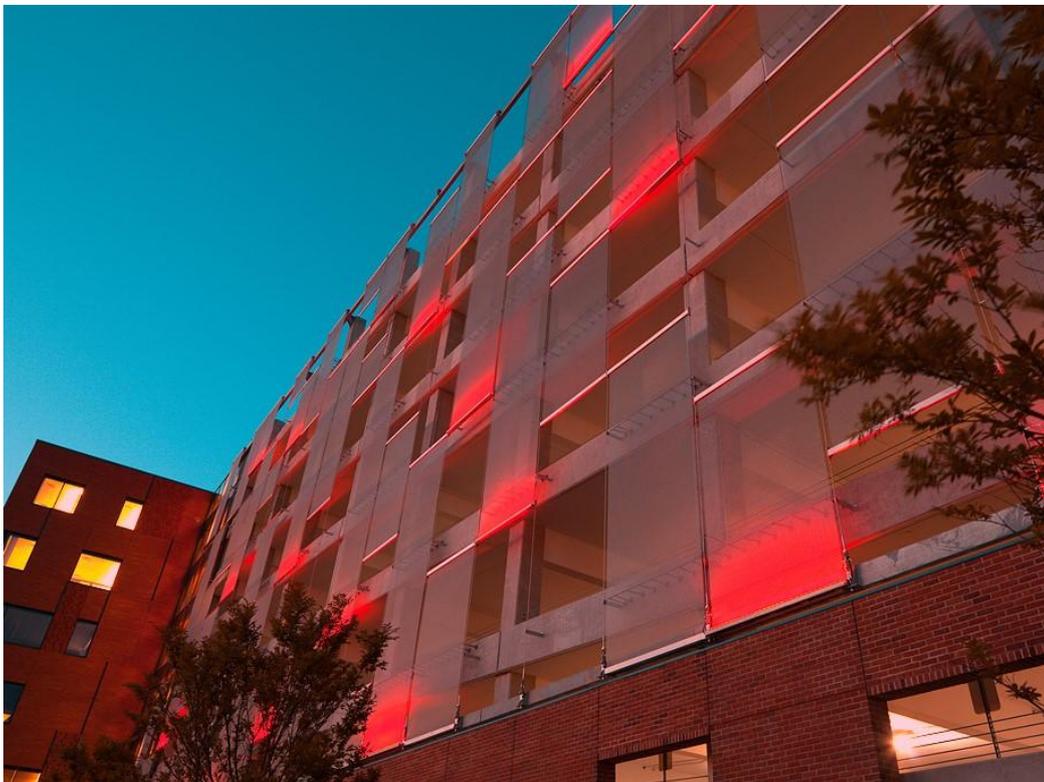


Figura 4-23: Reflejo de luz de color en el exterior de una universidad

Cuando se conduce en los Estados Unidos, en este puerto de entrada localizado en el estado de Nueva York, una tela metálica translúcida, *grabada* con el nombre del país, ofrece una reducción del deslumbramiento de los conductores en las primeras horas del día (Figura 4-24).



Figura 4-24: Malla grabada con el nombre del país en estación aduanera.

Finalmente, malla puede ser pintada con un recubrimiento de color altamente duradero. Para la Capilla judía de la Academia Naval de Estados Unidos, la nave central ha sido cubierta por paneles de malla en altura apropiadamente pintados en blanco (Figura 4-25)



Figura 4-25: Paneles de malla pintados de color.

Esto completa la primera parte de un sistema de malla arquitectónica - la aplicación - o, cómo la malla arquitectónica funcionará dentro de un proyecto. El siguiente componente de un sistema arquitectónico de malla es el hardware de fijación, el método utilizado para fijar la malla a la estructura arquitectónica exterior o interior de un edificio.

5.4 FORMAS Y MÉTODOS DE FIJACIÓN

Existen tres formas generales de fijación de las mallas a la estructura de soporte, cada uno con sus propias ventajas únicas:

- En tensión por medio de accesorios de sujeción
- A través de un marco de sujeción
- Tipo cortina con herrajes de fijación.

4.4.1 Fijación en Tensión

La fijación en tensión describe cómo se suspenden telas metálicas flexibles en tensión. En general se sujetan a tubos de acero inoxidable por medio de diferentes accesorios de sujeción que varían según el tipo de malla utilizada. Paneles metálicos de hasta 60 metros de largo se pueden instalar vertical u horizontalmente en tensión. Aquí el sistema de fijación de tensión se compone de tubos de acero inoxidable y cables (Figura 4-26)

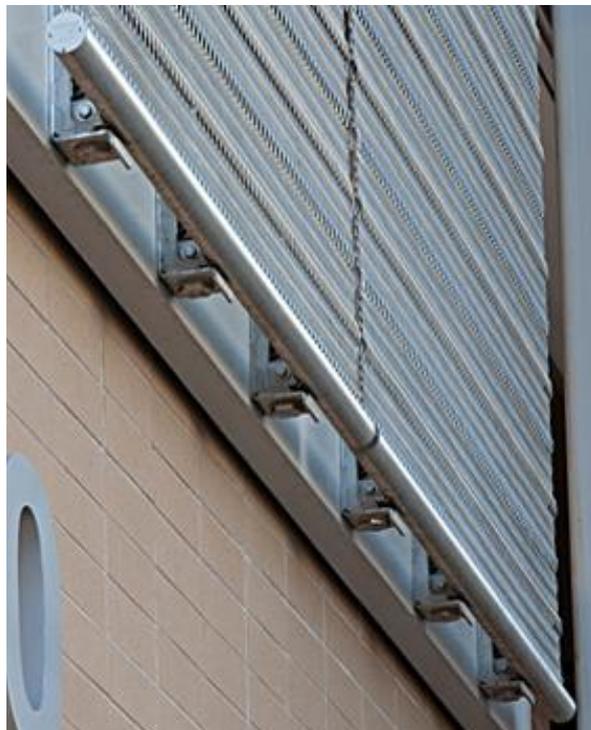


Figura 4-26: Sistema de Fijación en Tensión con estructura de soporte compuesta por tubos de acero inoxidable.

Algunos accesorios de sujeción de tensión se revelan visualmente. La estructura de soporte - el tubo de acero inoxidable - se convierte en parte de la estética. Pero

también puede ser oculto por la misma tela metálica, la cual lo envuelve disimulando su existencia. Esta forma de sujeción recibe el nombre de Scroll (Figura 4-27)

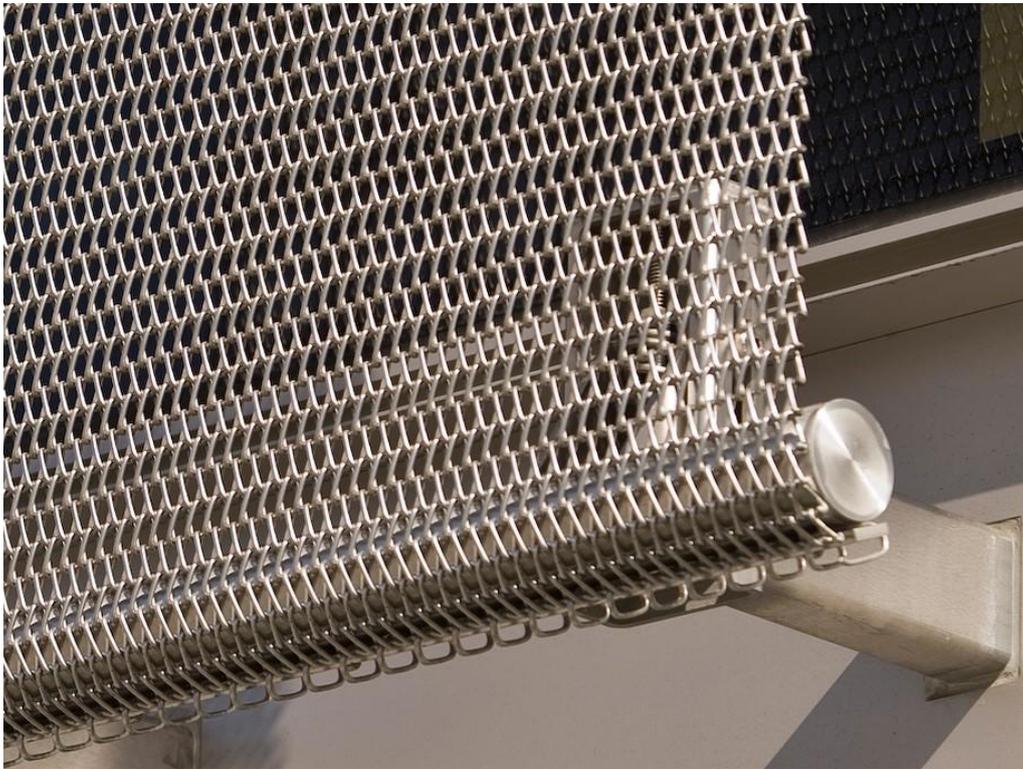


Figura 4-27: Sistema Scroll

Otra forma particular de sujeción en tensión es por medio de cables laterales. La malla se tensa en sus extremos superior e inferior al tubo de acero inoxidable, y en sus laterales se tensa al cable por medio de clips metálicos de agarre colocados de forma distanciada entre ellos. A su vez tanto el cable como el tubo de acero se abulonan a la estructura de soporte.

La fijación en tensión de la malla metálica protege a las personas y los bienes contra los vientos huracanados, de hasta 225 km por hora. El hardware está diseñado para que descargue durante condiciones de carga máxima de viento y para volver a tensar la tela metálica de forma automática después de que hayan pasado esas condiciones.

Hay ahorros de costes significativos asociados con el hardware de fijación de tensión debido a los mínimos soportes incrustados que se requieren para la instalación.

Además, al acomodar paneles de tamaños muy grandes— hasta 60 metros de longitud — el tiempo y trabajo de instalación se reducen considerablemente en comparación con otras opciones de revestimiento, lo que convierte a este tipo de sujeción en una buena opción cuando se trata de proyectos de cobertura considerable.

Se describen a continuación los componentes de un típico sistema de fijación en tensión:

En primer lugar se tiene la *Barra de Carga* (Tension Rod). Estos elementos se encuentran en los puntos de conexión donde el panel de tela metálica se encuentra con los soportes superior e inferior de apoyo. El espaciamiento y la ubicación de estos

componentes se determinan durante el diseño del sistema. La mayoría de los métodos de fijación proporcionan flexibilidad para realizar ajustes de tolerancia menores en el sitio de trabajo.

Luego se tienen los *Brackets de soporte*. Estos elementos están diseñados para unir los componentes de la barra de carga en la parte superior e inferior de cada panel de tela metálica a la estructura. Tamaño, el espaciado y la ubicación de los soportes se determina durante el diseño del sistema. El espaciamiento nominal varía en función del tamaño del panel de tela metálica, de la orientación del mismo con respecto a la estructura y de las condiciones de carga para las zonas regionales.

Por último, están los *soportes intermedios*. Estos componentes son elementos de apoyo no estructurales diseñados para minimizar la deflexión vertical de la tela metálica. El espaciamiento típico para soportes intermedios es de 10 a 12 pies de longitud (3m a 3,65m de longitud) del panel en sentido vertical, y están espaciados horizontalmente dependiendo del tamaño del panel de tela metálica, de la orientación con respecto a la estructura, y de las condiciones de carga regionales.

Con el sistema de fijación por tensión las cargas son soportadas por los soportes de fijación superior e inferior, reduciendo la necesidad de soportes estructurales o embebidos adicionales. Los soportes intermedios sólo sirven para minimizar la deflexión de la tela de malla y, por tanto, requieren un soporte estructural mínimo. En la figura a continuación (Figura 4-27) se puede apreciar la localización de cada uno de estos elementos descritos en un sistema de instalación de mallas por medio de esta forma de fijación.

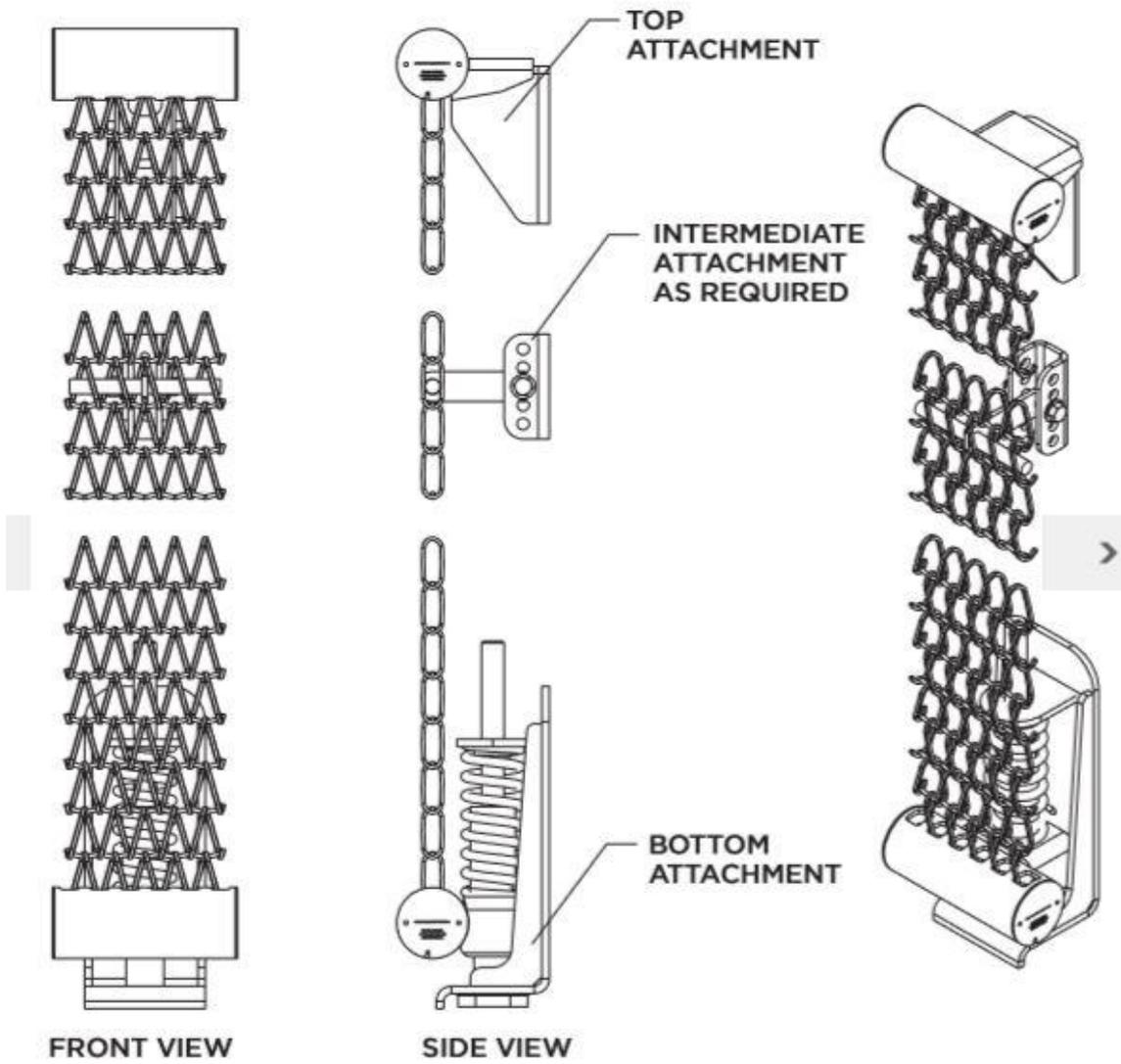


Figura 4-28: Sistema de fijación en tensión. Sistema eclipse, es decir, con el tubo de acero (rod) a la vista.

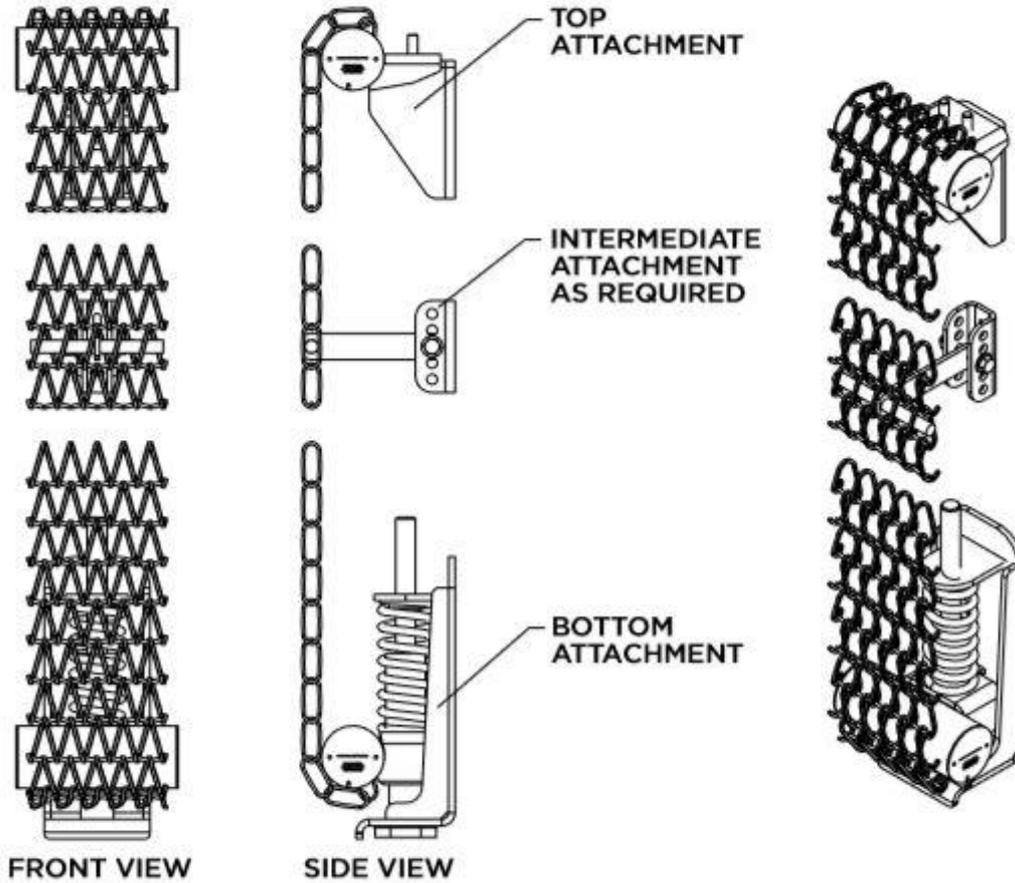


Figura 4-29: Sistema de fijación en tensión. Sistema Scroll, es decir, la malla metálica envuelve el tubo de acero (rod) y lo oculta

4.4.2 Fijación Frame

La segunda forma de sujeción es Frame, es decir por medio de un marco metálico de esquinas biseladas que encuadra a la malla metálica la cual se suelda al mismo. Esta forma de agarre transforma a las telas metálicas tejidas en paneles rígidos (Figura 4-30)

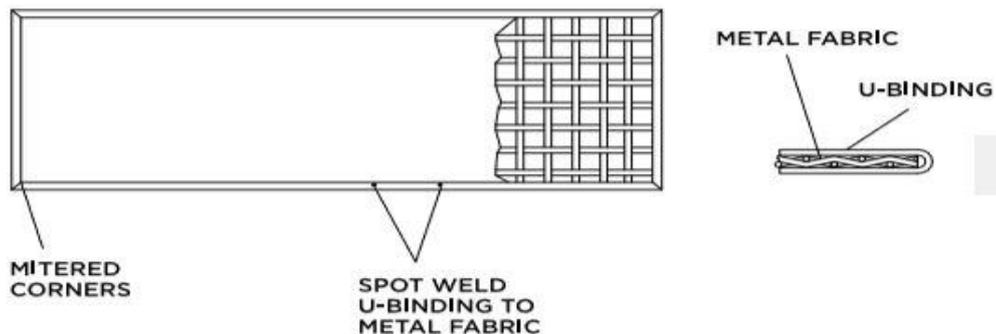


Figura 4-30: Esquema de un sistema de fijación Frame

Al igual que el sistema de fijación en tensión, en este tipo de sujeción el bastidor también puede convertirse en una parte visible del diseño, o ser oculta por la propia malla (Figuras 4.31 y 4.32)

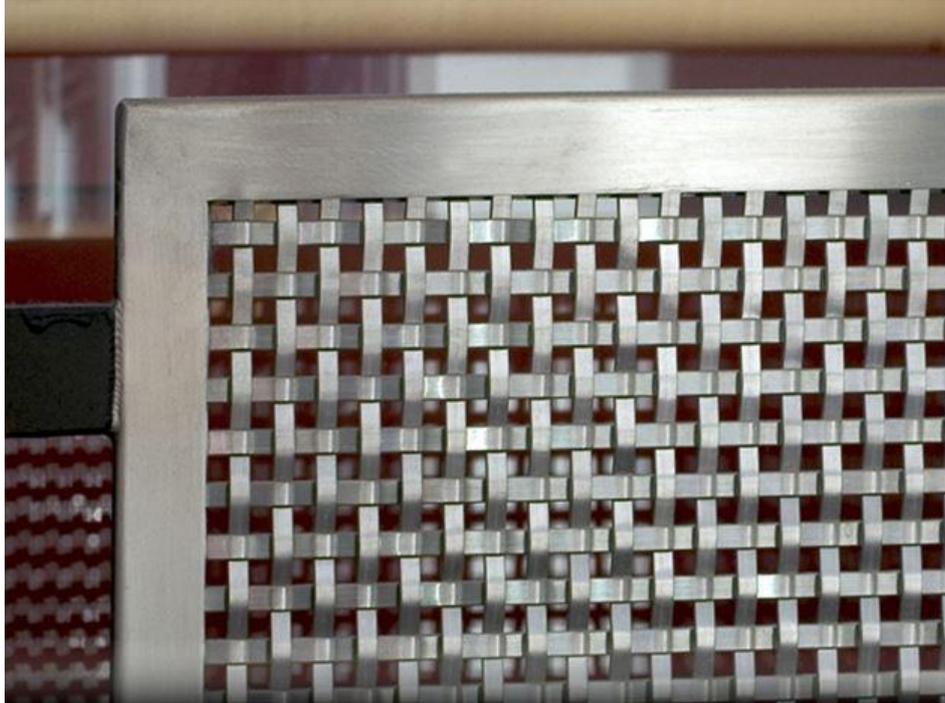


Figura 4-31: Aquí, la tela metálica que se muestra está soldada a un marco “u” vinculante con esquinas biseladas que se sueldan y liman para lograr una superficie lisa y un acabado pulido.

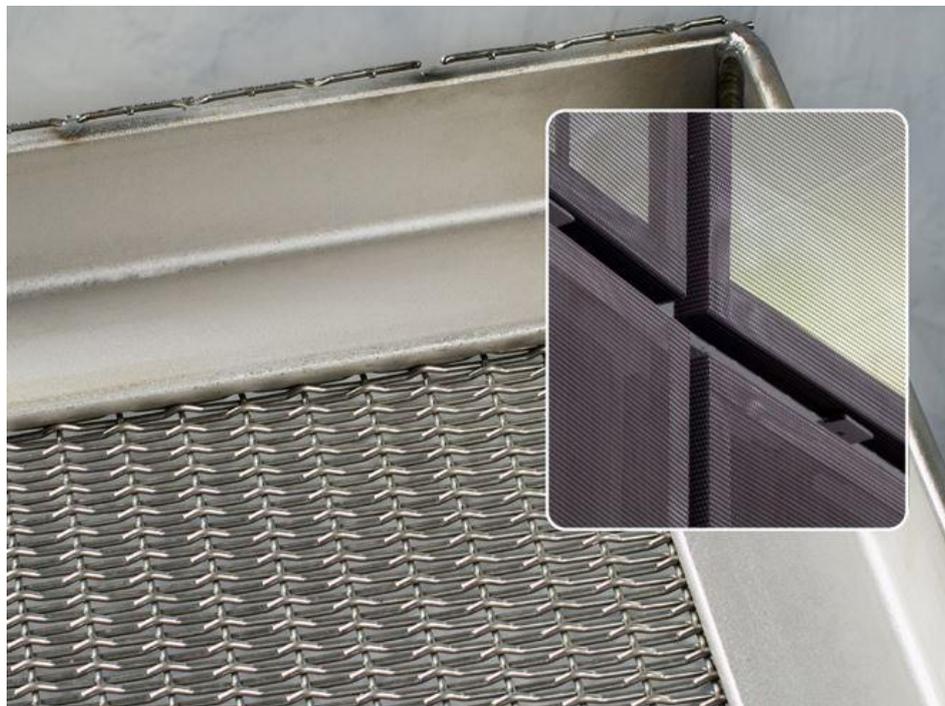


Figura 4-32: Aquí, la tela metálica se pliega alrededor de las esquinas de un marco de ángulo para ocultarlo.

Como se mencionó anteriormente, las mallas metálicas pueden ser utilizadas para revestir el interior de ascensores, dándole una imagen acogedora y elegante a la vez. Este tipo de instalaciones se hacen por medio de marcos soldados a la malla. Lo mismo ocurre con el uso de mallas tejidas como medio de protección contra caídas. Cuando se trata de barandas, las mallas se sueldan al marco vinculante, y éstos a su vez, por medio de un dispositivo de sujeción, se sueldan o atornillan a la estructura de fijación.

Otro uso que se le encuentra a esta forma de sujeción es cuando se trata de paredes con una mirada rejilla (Figura 4-33)

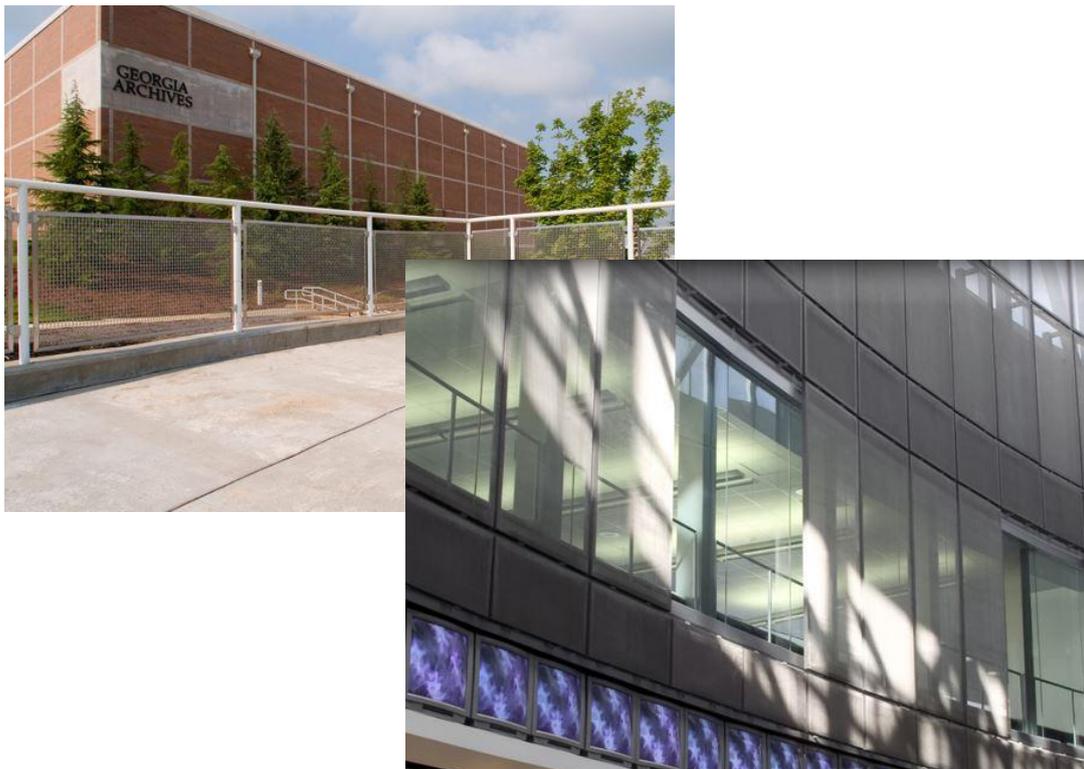


Figura 4-33: Ejemplos de sujeción por medio de marcos metálicos.

4.4.3 Fijación tipo cortina con herrajes de fijación.

La tercera categoría de fijación es el tipo cortina.

Este tipo de instalación consiste en la malla metálica sujeta a un ensamble tipo gancho sujeto a un largo riel que permite que la tela metálica flexible se deslice, de forma manual o mecánica, como una cortina tradicional (Figura 4-34).

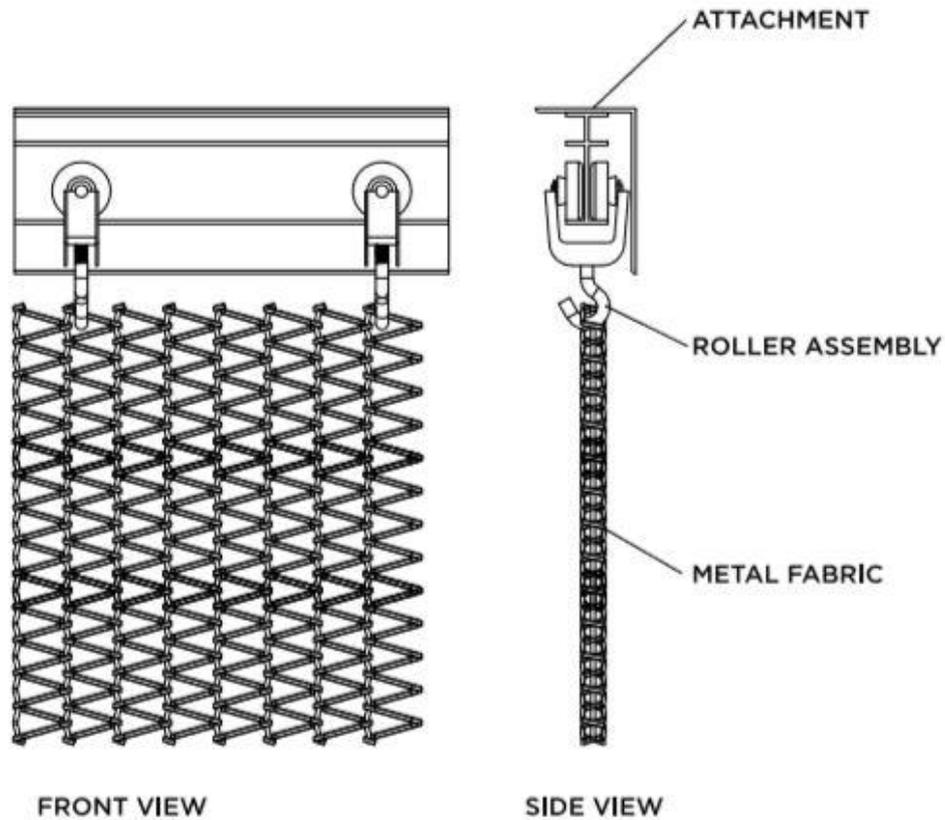


Figura 4-34: Esquema de un sistema de fijación tipo cortina

Otra forma de fijación de cortina permite a la tela metálica flexible moverse verticalmente, al estilo de una persiana. Con este hardware, el tejido metálico se eleva y desciende automáticamente con el toque de un botón.



Figura 4-35: Ejemplos de sujeción tipo Cortina, con deslizamiento vertical y horizontal

La principal ventaja del sistema de fijación de cortina es su capacidad de moverla malla según la necesidad, por ejemplo, para separar ambientes, para dejar entrar luz externa, para ocultar espacios, etc.

Cabe aclarar que estos son sólo algunos de los sistemas de agarre posible que presenta Cambridge Architectural. Cada tipo tiene variantes, y en algunos casos se crean o adaptan sistemas para situaciones particulares.

5.5 PATRONES DE LA MALLA METÁLICA

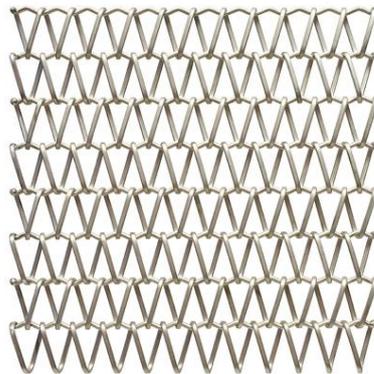
El tercer y último componente de un sistema de malla arquitectónica es el patrón de la tela metálica tejida.

Las telas metálicas son tejidas por artesanos en telares similares a los utilizados en la industria textil y son prácticamente indestructibles.

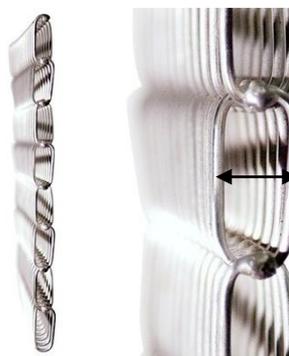
La mayoría de los tejidos de metal se tejen a partir de acero inoxidable, pero los tejidos personalizados se pueden formar a partir de aluminio, cobre, latón o bronce.

Hay una amplia variedad de modelos de malla y cada uno proporciona una mirada y sensación distinta. Según la aplicación, cada patrón se llevará a cabo de manera diferente dependiendo de sus características físicas únicas. Más allá de la estética, aquí están algunas de las características a tener en cuenta:

- La *apertura* de un patrón se refiere al porcentaje de aire y luz capaz de pasar a través de él.

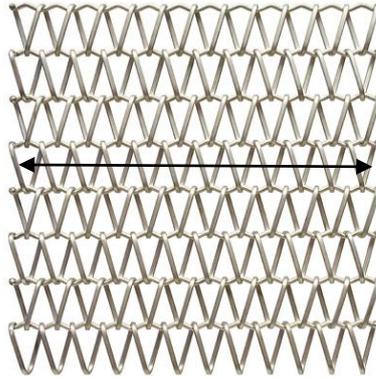


- El *espesor* como calibre, mide la profundidad de un patrón en su punto más grueso.

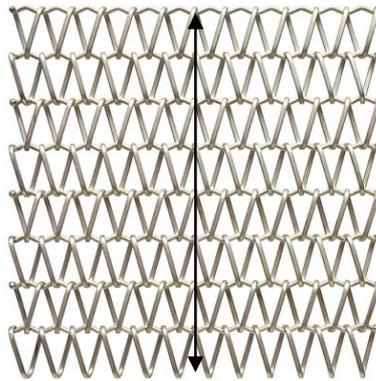


- El *ancho* mide la distancia máxima, de izquierda a derecha, del patrón. Esta distancia está determinada por el telar en el cual se realiza el tejido, es decir, la

mallas nunca podrá ser más ancha de lo que permite el ancho del telar.



- El *largo* se refiere distancia desde la parte superior hacia la inferior del patrón. Algunos patrones se pueden tejer hasta una longitud infinita. No es poco común que las longitudes excedan los 30 metros.



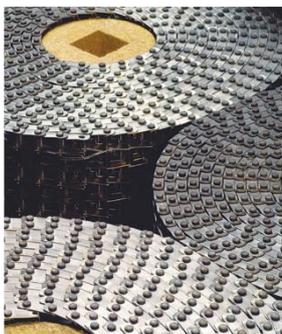
- Flexibilidad: los patrones de la tela de metal vienen en dos grandes categorías: rígidos y flexibles. La mayoría de los patrones flexibles se pueden enrollar y plegar en una dirección por un lado, y pueden flexionarse por otro.



Rígido



Flexible



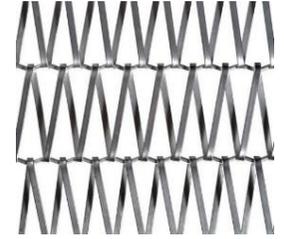
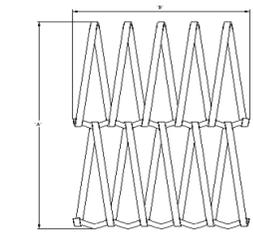
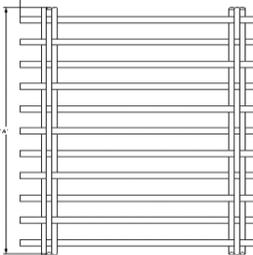
Enrollado y plegado



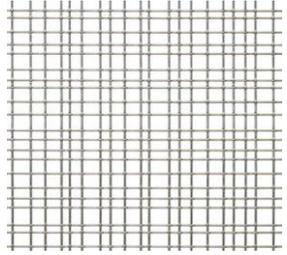
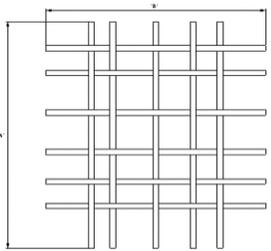
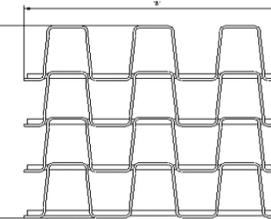
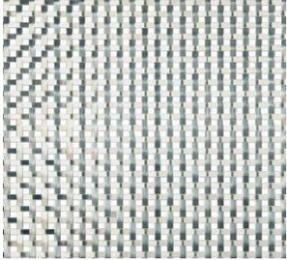
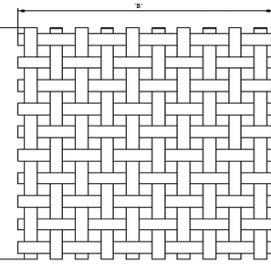
Flexionado

El porcentaje de área abierta que los patrones flexibles de tejido metálico pueden proporcionar tiene un rango que va desde el 5% al 76%. Por el contrario, los patrones rígidos no se pliegan o enrollan en cualquier dirección y sólo algunos se flexionan, pero por lo general en un grado menor que los tejidos flexibles. Por supuesto, debido a que están hechos de metales, los patrones de malla incluso los rígidos son conformables y se les puede dar mecánicamente forma de curva o pueden ser doblados para formar esquinas, en caso que sea necesario. El área abierta de patrones rígidos puede variar de 0 a 58%.

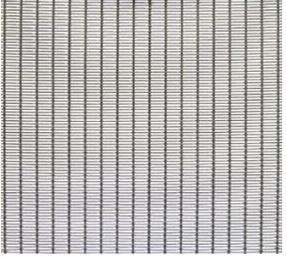
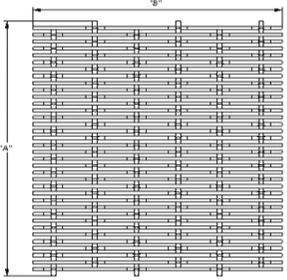
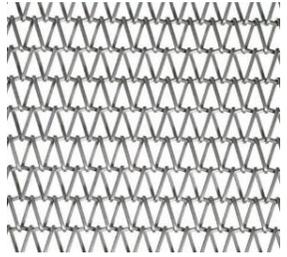
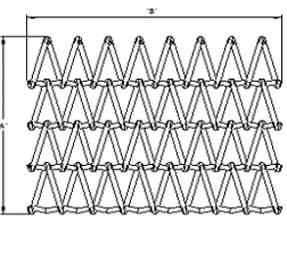
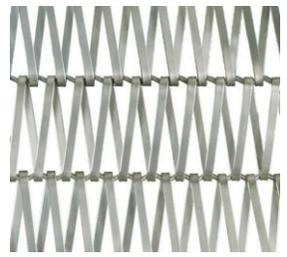
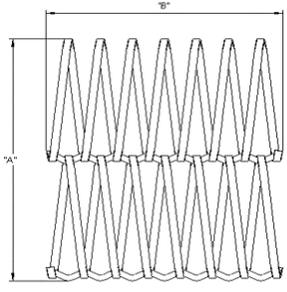
A continuación se detallan algunos tipos de patrones existentes con sus principales características:

Patrón	Fotografía	Vista frontal BIM	Tipo	Área abierta	Peso	Material	Ancho Máx "B"	Tipos de fijación
Balance			Flexible	55%	9,81 kg/m ²	Acero Inoxidable	6,1 m	Eclipse Railflex Scroll Velocity
Braid			Flexible	65%	8,79 kg/m ²	Acero Inoxidable	6,1 m	Eclipse Scroll Velocity

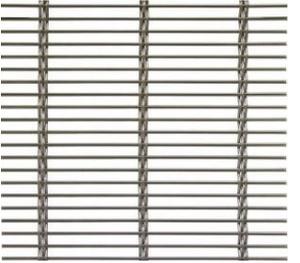
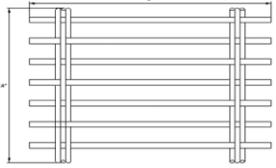
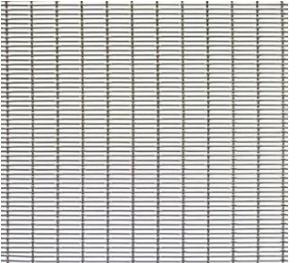
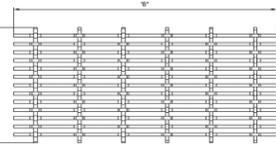
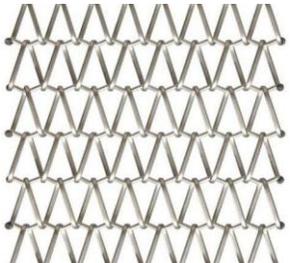
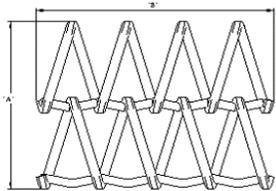
Soluciones BIM para Cambridge Architectural

Chaos			Rígida	69%	6,74 kg/m ²	Acero Inoxidable	2,44 m	Tableau U-Binding
Cubist			Flexible	80%	10,79 kg/m ²	Acero Inoxidable	3,66 m	Eclipse Scroll Velocity Railflex
Graph			Rígida	25%	9,28 kg/m ²	Acero Inoxidable	2,74 m (espesor=2,67 mm)	Tableau U-Binding

Soluciones BIM para Cambridge Architectural

Matte			Rígida	50%	5,18 kg/m ²	Acero Inoxidable	6,1 m	Eclipse Scroll
Mid-Balance			Flexible	61%	7,67 kg/m ²	Acero Inoxidable	6,1 m	Eclipse Scroll Velocity Curtain Railflex
Pellican			Flexible	36%	12,21 kg/m ²	Acero Inoxidable	6,1 m	Eclipse Scroll Velocity Railflex

Soluciones BIM para Cambridge Architectural

Plait			Rígida	64%	9,91 kg/m ²	Acero Inoxidable	9,27 m	Tableau U-Binding
Plank			Rígida	56%	6,35 kg/m ²	Acero Inoxidable	2,44 m (espesor = 5,72 mm)	Tableau U-Binding
Scale			Flexible	62%	9,47 kg/m ²	Acero Inoxidable	6,1 m	Eclipse Scroll Velocity Railflex Curtain

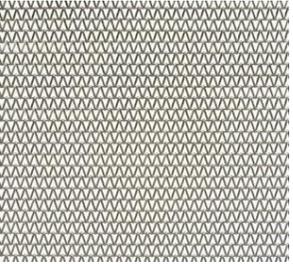
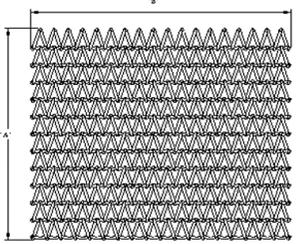
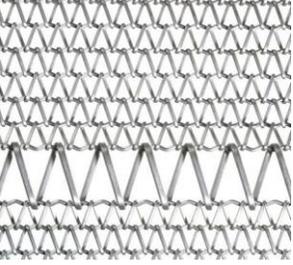
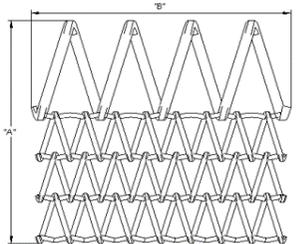
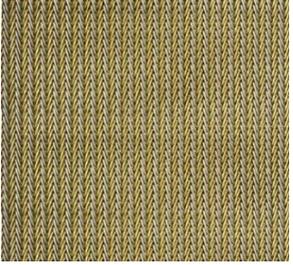
Shade			Flexible	54%	4,59 kg/m ²	Acero Inoxidable	6,1 m	Eclipse Scroll Velocity Railflex Curtain
Stripe			Flexible	62%	8,3 kg/m ²	Acero Inoxidable	6,1 m	Eclipse Scroll Velocity Railflex Curtain
Tweed		-	Flexible	1%	19,53 kg/m ²	Acero Inoxidable & Bronce	1,83 m	U-Binding

Tabla 4-1: Patrones de mallas metálicas y sus características

Esto completa la anatomía de un sistema de malla arquitectónica. Para recapitular: En primer lugar, se determina su aplicación: cómo se desea usar la malla en el proyecto, y el propósito funcional detrás de ésta, como ser para la ventilación, para la protección solar, para la seguridad y protección de personas y bienes, etc. Luego se selecciona el sistema de fijación apropiado para su aplicación: tensión, marco, o una cortina. Y, por último, se selecciona un patrón de tela metálica compatible con el sistema de sujeción seleccionado y su aplicación.

6. SOLUCIONES BIM PARA CAMBRIDGE ARCHITECTURAL

Cambridge Architectural confía sus modelos BIM a ENGworks. El proceso de producción inicia con la transición de proyectos 2D CAD de Cambridge Architectural a las plataformas BIM. De esta manera se obtiene de manera eficiente un intercambio de información entre profesionales, lo que permite crear representaciones digitales de todas las etapas del proceso de construcción y simular el desempeño en el mundo real. El modelo de información de edificios abarca todos los datos asociados con el diseño de la construcción, incluyendo la geometría y la información geográfica, y las cantidades y propiedades de los componentes del edificio. Es así como se obtienen ciertas ventajas generales con esta metodología de trabajo BIM:

- Facilita la coordinación de trabajo
- Mejora la productividad
- Mejora la comunicación
- Mejora el control de calidad y, a su vez, asegura una cierta calidad
- Mejora los resultados de proyecto: se obtienen menos requerimientos de información y disminuyen los problemas de coordinación en el campo.
- Mejora la eficiencia, la producción y ahorra tiempos de trabajo.

Particularmente, por un lado el cliente obtiene ventajas relacionadas con:

- **Tiempo.** Mientras que el tiempo que podría llevar a hacer un proyecto en el lanzamiento inicial podría ser el mismo que se tenía antes de implementar las plataformas BIM, las siguientes revisiones y cambios de los clientes y de campo serán más rápidos.
- **Programación.** Si las familias y todo el proyecto se modela correctamente, se puede estar un 100% seguros de las cantidades reflejadas en el BSB-BOM (listado de materiales), y éstos se generaría mucho más rápido que si no se utilizara la tecnología BIM.
- **Comunicación.** Este sistema proporciona retroalimentación de los clientes muy positiva y la interacción de resolver problemas en forma temprana en el ciclo de diseño, y no cuando se termina el trabajo, o a punto de ser instalado.
- **Coordinación.** Todos los planos de construcción y de fabricación se crean a partir del modelo 3D que garantiza la precisión en el producto final.

Y por otro lado, el proveedor de servicios BIM, obtiene ventajas relacionadas con:

- **Tiempo.** Se puede ahorrar tiempo al tener el edificio modelado en software paramétrico, ya que de esta manera la actualización será más rápida.
- **Control de calidad.** No será necesario revisar cuidadosamente cada vez que haya algún cambio, ya que las dimensiones, ordenadas y cantidades de la lista de materiales y las dimensiones de la plantilla de mallase actualizan por el

software.

- **Comunicación.** Los conceptos e ideas, que no pueden ser fácilmente representados en palabras o incluso a través de ilustraciones, se pueden crear y ver desde diferentes ángulos fácilmente. Se pueden encontrar fácilmente, entender, controlar y mostrar las interferencias de CA y para sus clientes, para que puedan entender y resolver el problema más rápido.
- **Coordinación.** El modelado en 3D evitará errores en la actualización de vistas (manuales con CAD 2D) y la coordinación, y también ahorrará tiempo, debido a que Revit proporcionará todos los puntos de vista tradicionales (plantas, elevaciones, secciones, detalles) automáticamente y de forma precisa a partir de un modelo.
- **Programación.** Se perderá menos tiempo comprobando cantidades, dimensiones, etc. y esto permitirá centrarse en la presentación final de la serie de planos.

Es así como ENGworks desenvuelve una serie de tareas, en base a la información recibida por su cliente, para poder lograr un modelo de información completo que permite entregar al cliente todo lo solicitado por éste, como ser plantas, elevaciones, cortes, detalles de instalación, cómputo de materiales y componentes a utilizar, etc.

El proceso inicia con la aprobación del proyecto. Una vez hecho esto, CA envía toda la información disponible y necesaria para que se pueda iniciar el modelo BIM. El primer paso consiste en revisar y analizar la información recibida, y contactarse con el cliente si fuese necesario para pedir detalles o borrar incertidumbres que pudieran surgir. Dentro de los archivos enviados, ENGworks recibe una ficha técnica en la que se detalla la ubicación del proyecto, el tipo de malla a utilizar, el sistema de fijación, la cantidad de paneles a instalar, la distancia entre brackets de soporte tanto superior e inferior como intermedios, la distancia del bracket al borde de malla, la deflexión de la malla, la velocidad del viento, entre otros (Ver Figura 5-1)

El paso siguiente consiste en el desarrollo del modelo BIM. Generalmente se inicia con el modelado de la estructura que sostendrá la malla. Luego se procede a ubicar el tejido metálico con sus soportes. Éstos se acomodan en función al espacio disponible y a los límites indicados en la planilla de inicio. Es aquí donde surgen inconvenientes como puntos de conflicto o colisiones entre elementos, los cuales en el modelo BIM son solucionados rápidamente, mientras que si estos problemas surgieran en el campo en el momento de la instalación significarían costosas soluciones y pérdidas en la eficiencia de la malla.

Project Name	Bellevue Public Safety Building
Project Location	Bellevue, NE
Material	T316 Stainless Steel
Mesh	Pellican
Cambridge Drawing Number	
Customer Drawing Sheets	
System Type (Eclipse, etc)	Scroll
Building Anchor Condition	Steel
Building Code	ASCE 7-05/2009 IBC
Summer Wind Speed (3 sec Gust MPH)	90
Winter Wind Speed (3 sec Gust MPH)	40
Winter Ice Basic Thickness (in)	0.75
Exposure Category	B
Importance Factor	1.15
Max Height Above Grade (ft)	40
Pre-Load (lbs/ft width)	200
Deflection (in)	4.6
Top Vertical Loads (lbs/ft width)	810
Top Horizontal Loads (lbs/ft width)	50
Intermediate Horizontal Loads (lbs/ft)	100
Bottom Vertical Loads (lbs/ft width)	250
Bottom Horizontal Loads (lbs/ft width)	40
Number of Panels	9
Approx Square Feet	487
Max Top/Bottom Bracket Spacing (in)	36
Max Top/Bottom Bracket Cantilever (in)	
Min Top/Bottom Bracket Cantilever (in)	
Max Intermediate Spacing (in)	18

Figura 5-1: Planilla de versión inicial del proyecto

Una vez finalizado el modelo de información de construcción, ENG debe generar el paquete entregable al cliente. Un paquete estándar consiste en:

- **Una hoja de portada.** Contiene información general incluyendo las Tablas de revisión, notas generales, información de carga de viento, procedimientos de limpieza y de manipulación de la malla y procedimientos de mantenimiento. Una vista de la malla y la tabla de contenidos también debe ser incluida en esta hoja. Esta información no deberá exceder de 1 (una) hoja y será numerado como Código de Proyecto-00 para fines de referencia. Los procedimientos de instalación son proporcionados por Cambridge.
- **Una vista en planta.** Contiene la estructura del edificio relacionada con la instalación de los paneles metálicos, y mostrará al menos una vista en planta ya sea de la parte superior, intermedia o inferior de la malla. Vistas en planta con escalas que permitan una visualización más detallada no se incluye en un entregable estándar. Se entregará, para un mejor entendimiento del trabajo,

hasta 6 (seis) detalles en planta de los bordes de malla y la distancia a la estructura y de los espacios entre mallas. Esta información no deberá exceder de 1 (una) hoja y será numerado como Código de Proyecto-01 para fines de referencia.

- **Una vista en Elevación.** A menos que se considere de otra manera ENG presentará elevaciones para detallar la ubicación completa del panel. Un máximo de 4 (cuatro) vistas de elevaciones son consideradas en este ámbito. Esta información no deberá exceder de 1 (una) hoja y será numerado como Código de Proyecto-02 para fines de referencia. Elevaciones adicionales no se consideran en este ámbito.
- **Secciones y detalles de secciones.** A menos que se especifique de otra manera, se presentarán, para un entregable estándar, un máximo de 4 (cuatro) secciones y 6 (seis) detalles. Las hojas de secciones y de detalles de secciones no deben exceder de 2 (dos) hojas y serán numeradas como Código de Proyecto-03, Código de Proyecto-04 para fines de referencia. Secciones y detalles de secciones adicionales no se consideran en este ámbito.
- **Detalle de los Tubos.** Contiene detalles de los tubos de acero inoxidable incluyendo la parte superior e inferior de los mismos y la información requerida por vendedor. Estos detalles no deberán exceder de 1 (una) hoja y serán numerados como Código de Proyecto-05 para fines de referencia. Detalles adicionales del tubo pueden ser considerados en este ámbito por acuerdo previo y luego de realizadas las revisiones correspondientes por parte del cliente.
- **Detalles de los componentes y de los brackets de soporte.** Incluye los brackets estándar superiores, intermedios e inferiores y no más de 3 (tres) componentes regulares requeridos por el sistema. Estos detalles no deberán exceder de 2 (dos) hojas y serán numerados como Código de Proyecto-06. Código de Proyecto-07 para fines de referencia. Detalles adicionales de componentes pueden ser considerados en este ámbito por acuerdo previo y luego de realizadas las revisiones correspondientes por parte del cliente.
- **Lista de materiales e Instrucciones de Instalación.** No deberán exceder de 1 (una) hoja y serán numerados como Código de Proyecto-08. La hoja incluirá la vista superior y lateral e isométrica para referencia solamente. En cuanto al listado de materiales ENG será responsable de la misma y de la plantilla de malla una vez que el proyecto haya sido aprobado por el cliente.

A continuación se presentarán una serie de proyectos en los que se ha trabajado a lo largo de la duración de la práctica supervisada en la empresa ENGworks, en los que se podrán ver la fusión de las tecnologías BIM con lo expuesto en referencia al cliente Cambridge Architectural.

6.1 EASTCHESTER MIDDLE SCHOOL

Eastchester Middle School es una escuela de nivel medio ubicada en el estado de Nueva York, en Estados Unidos. El proyecto relacionado con esta escuela consiste en la instalación de un sistema de paneles metálicos, ubicados verticalmente de manera tal que permitan la protección contra la luz solar. Estos paneles se colocarán con una configuración de aleta mediante el sistema cable y se utilizará un patrón de malla tipo Shade. Con esta configuración, la malla será instalada de manera perpendicular a la fachada, permitiendo el sombreado de la luz solar que entra al edificio en un ángulo.

La ficha técnica recibida para este proyecto consiste en lo siguiente:

<u>BUILDING CODES / PE APPROVAL:</u>	
THE ATTACHMENT LAYOUT IS BASED ON PRELIMINARY CALCULATIONS FOR THE BUILDING CODES PROVIDED.	
MESH AND ATTACHMENT SYSTEM IS DESIGNED TO WITHSTAND WIND AND ICE LOADING.	
A SET OF DRAWINGS ARE BEING SENT TO OUR PROFESSIONAL ENGINEER, FOR APPROVAL.	
<u>UNTIL WE RECEIVE PE APPROVAL, WE SHOULD NOT LAYOUT OR DRILL ANY MOUNTING HOLES FOR THE ATTACHMENTS.</u>	
THE BUILDING CODE THAT WE ARE USING FOR THIS PROJECT IS: ASCE 7-05 / 2009 IBC	
WIND LOADS: SEE APPROVED CALCS FOR BUILDING LOADING	
SUMMER WIND SPEED (3 SEC GUST MPH)	120
WINTER WIND SPEED (3 SEC GUST MPH)	50
WINTER ICE BASIC THICKNESS (IN)	0.75
EXPOSURE CATEGORY	C
IMPORTANCE FACTOR	1.15
MAXIMUM PANEL HEIGHT ABOVE GRADE (FT)	30
MESH ACTING AS FALL PROTECTION	NO
<u>LOADING INFORMATION:</u>	
CABLE PRE-LOAD (lbs)	500
DEFLECTION (IN)	7.87
VERTICAL REACTION AT EACH UPPER ATTACHMENT (lbs)	2224
HORIZONTAL REACTION AT EACH UPPER ATTACHMENT (lbs)	294
INTERMEDIATE HORIZONTAL (lbs/FT. WIDTH)	NA
VERTICAL REACTION AT EACH LOWER ATTACHMENT (lbs)	2200
HORIZONTAL REACTION AT EACH LOWER ATTACHMENT (lbs)	294

Tabla 5-1: Especificaciones Técnicas

En la misma se detallan especificaciones respecto a las características de la malla por un lado, y especificaciones a las cargas soportadas por ésta por otro lado. En cuanto a las características de la malla se especifica: la velocidad del viento en verano y en invierno, el espesor del hielo que se forma durante las heladas, correspondiente a 0,75 pulgadas – 1,905 cm – la categoría de exposición, factor de importancia y altura máxima del panel, correspondiente a 30ft - 9,15 m – y también hace mención respecto a si la malla actuará como protección contra caídas o no – en este caso no lo hará. En cuanto a la información de cargas hace referencia a la pre-carga del cable, a la deflexión de la malla, a la reacción vertical y horizontal en cada fijación tanto superior como inferior. En este caso no se ha recibido información respecto a la distancia mínima que debe haber entre el borde de malla y los soportes de fijación, ni de la distancia entre los mismos. La cantidad de paneles a instalar será de 12 (doce), seis en la cara este, y seis en la cara sur del edificio (Ver Figura 5-2).

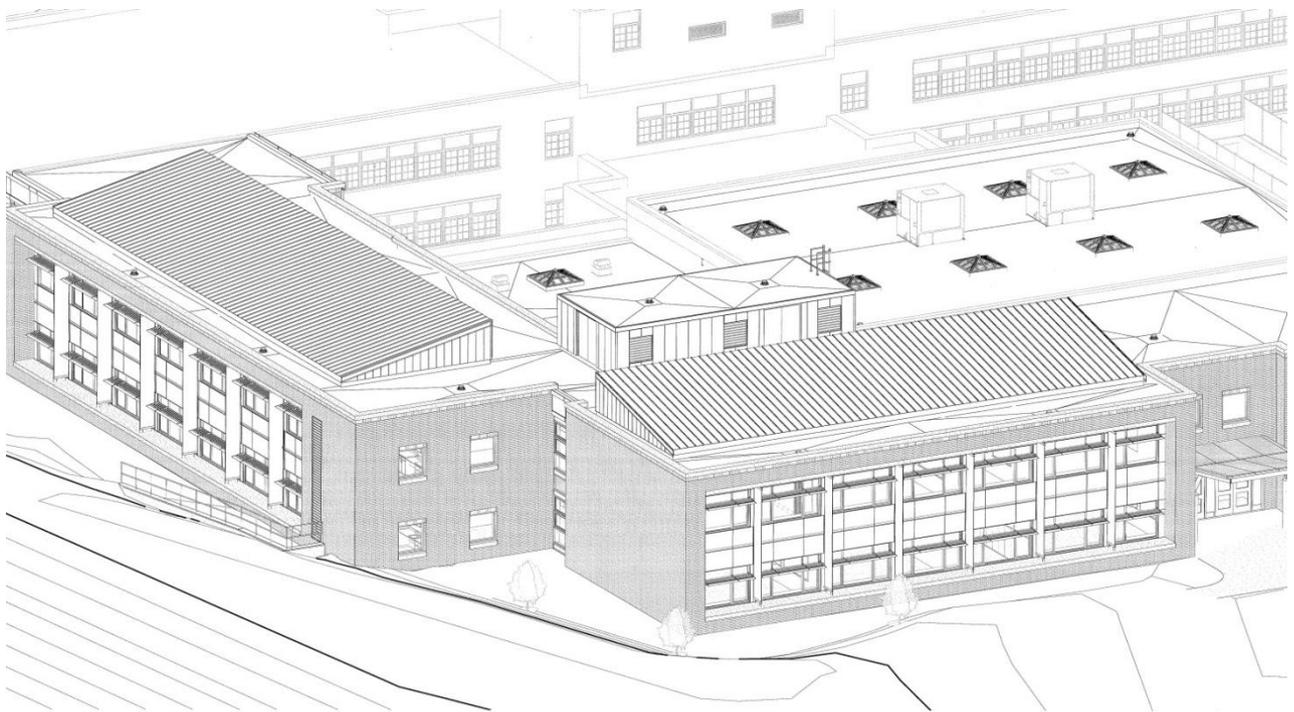


Figura 5-2: Eastchester Middle School. Perspectiva obtenida del modelo BIM 3D de Revit.

Dentro de las especificaciones recibidas del cliente relacionadas a la protección solar vertical a instalar se detalla:

[2.11 PARASOL VERTICAL

- A. *Para efectos de establecer estándares de calidad y niveles de rendimiento y no a los efectos que limitan la competencia, las bases de la especificación para protectores solares verticales estará ligada a las unidades del fabricante por el consiguiente y respectivo modelo adecuado para la aplicación prevista.*
- B. *Fabricante: Cambridge Architectural (105 Goodwill Rd., Cambridge, MD 21613; ph 866-806-2385). Sistema: "Cable". Método de fijación: Eclipse; tubo de acero inoxidable superior e inferior con agarre en tensión con fijación de brackets y anclaje dentro de tubos de acero galvanizado –nota: los agujeros de inspección*

serán provistos para el tensionado y serán sellados luego de su firmeza y soldados de forma suave; se proveen tapas soldadas en los extremos de los tubos. Patrón: Shade (tejido flexible de malla de acero inoxidable, 54% de área abierta, peso 4,59kg/m²). Nota: La cantidad de parasoles es 12.]

El proyecto consistirá en la instalación de estos parasoles verticales compuestos por tejidos de malla metálica, siendo colocados seis en la cara este y otros seis en la cara sur de la escuela (ver Figura 5-3).

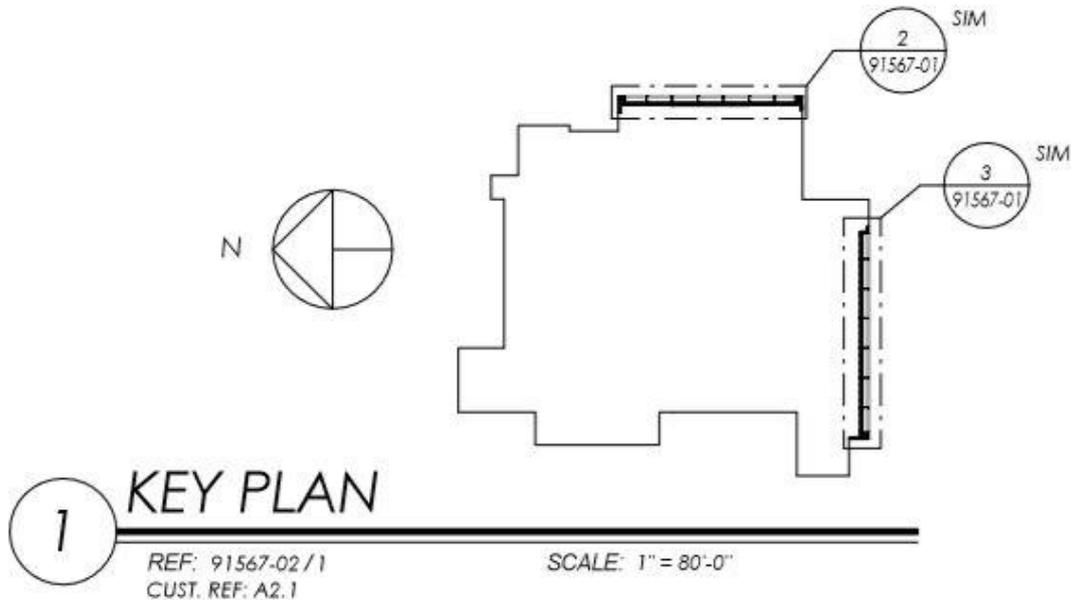


Figura 5-3: Planta general del proyecto

El ancho de los paneles para ambas caras será de 2'-8" (0,81 metros) de ancho. En la cara este, los dos paneles de los extremos estarán distanciados de la estructura del edificio 9'-10" (3 metros), y los cuatro paneles centrales estarán distanciados entre sí unos 12' (3,65 metros) medidos de centro de malla a centro de malla. En cuanto a la cara sur, los paneles en ambos extremos estarán distanciados de la estructura unos 11'-10" (3,6 metros), y los paneles centrales estarán distanciados entre sí unos 14' (4,25 metros). Ver Figuras 5-4, 5-5 y 5-6 para más detalle.

Para optimizar la producción del cliente, se busca como primera instancia, que todos los paneles metálicos tengan las mismas dimensiones, tanto en ancho como en alto. En el caso de Eastchester, esto fue posible gracias a que las estructuras que limitan el tamaño de las mallas, las cuales se verán más adelante, conservan la misma forma y características en ambas caras del edificio. Ver Figuras 5-7 y 5-8.

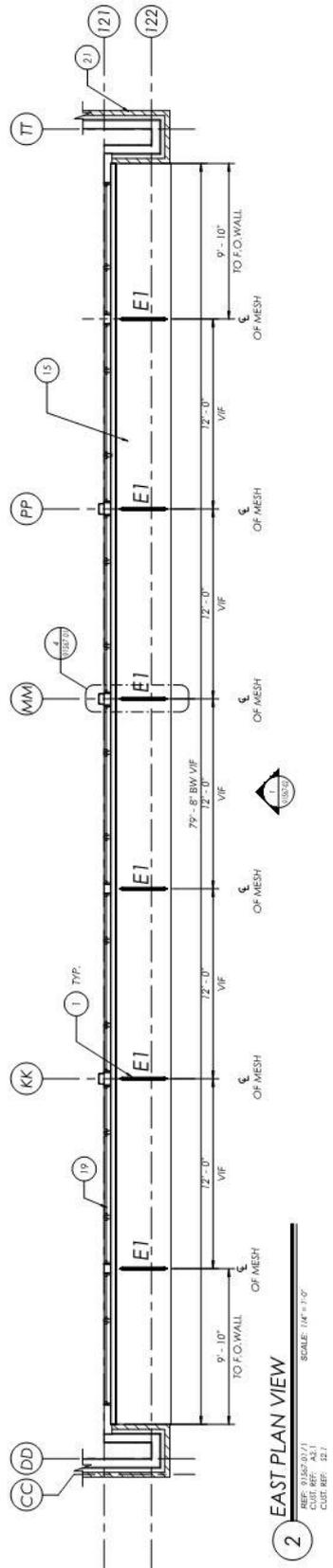


Figura 5-4: Vista de la Planta Este

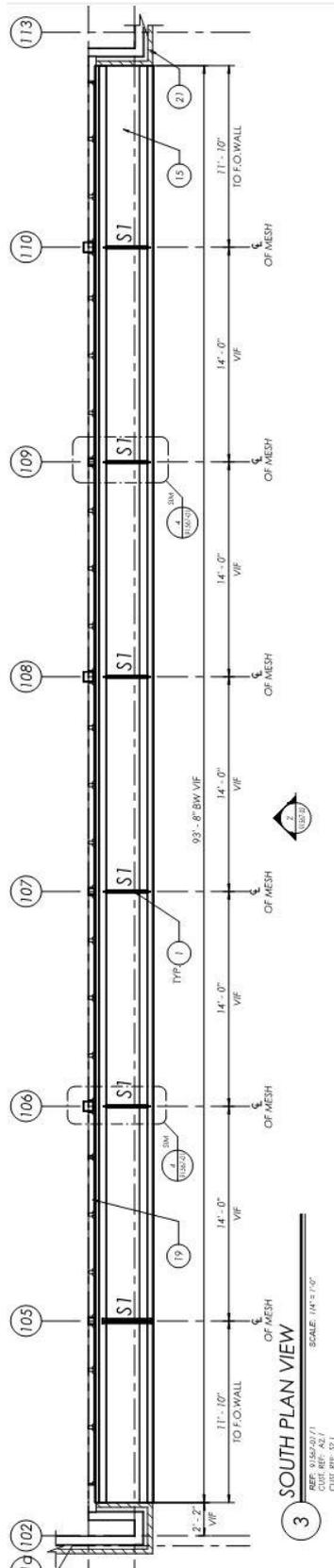


Figura 5-5: Vista de la Planta Sur

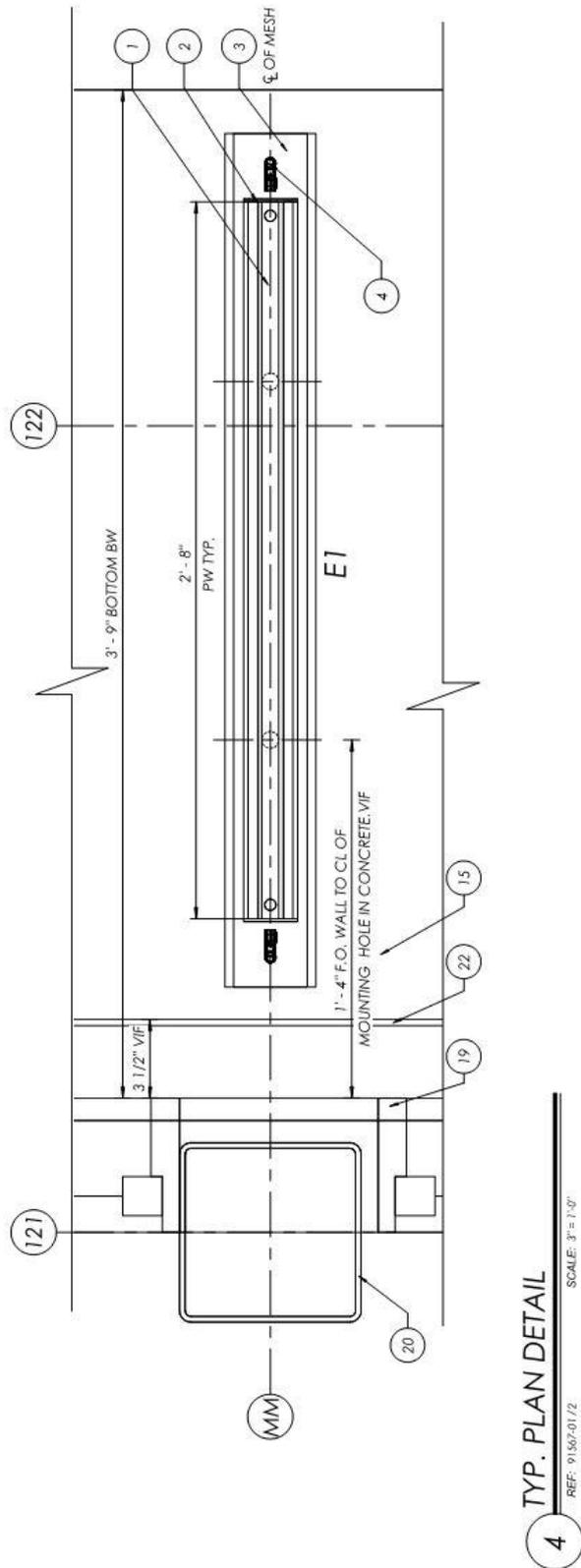


Figura 5-6: Detalle en Planta de un panel típico

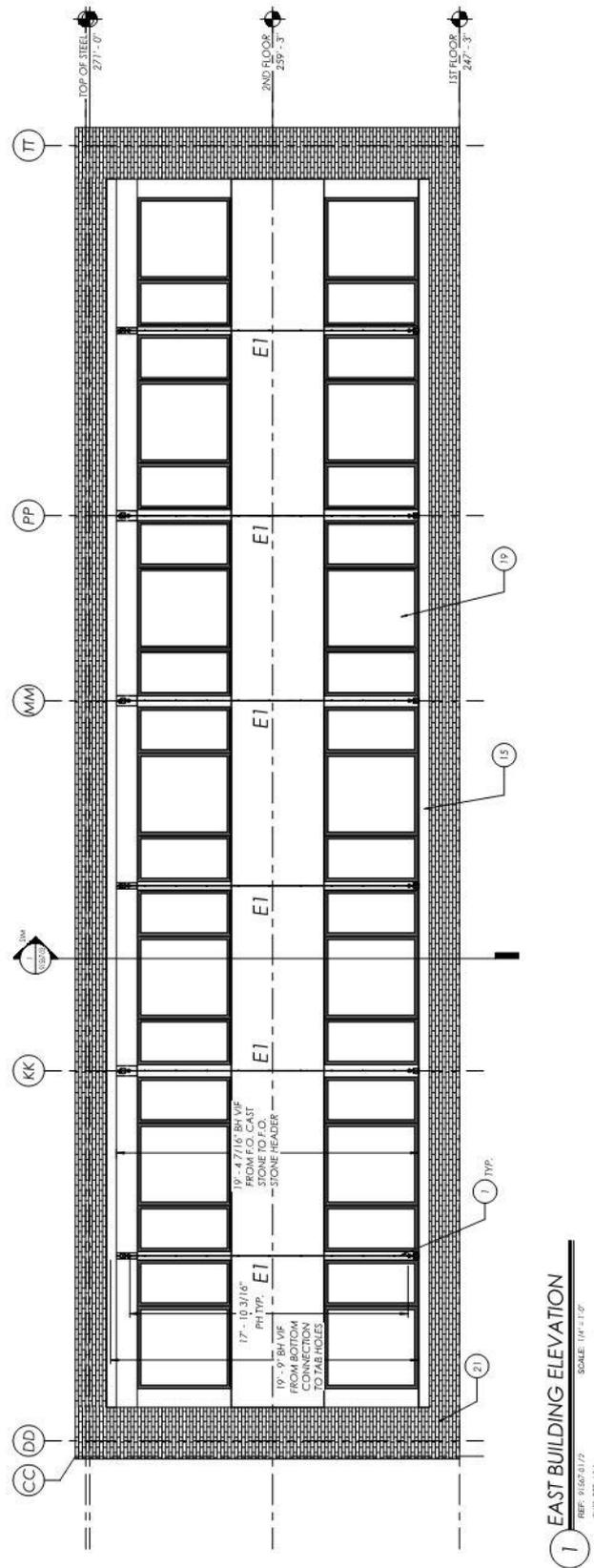


Figura 5-7: Elevación de la cara Este del proyecto

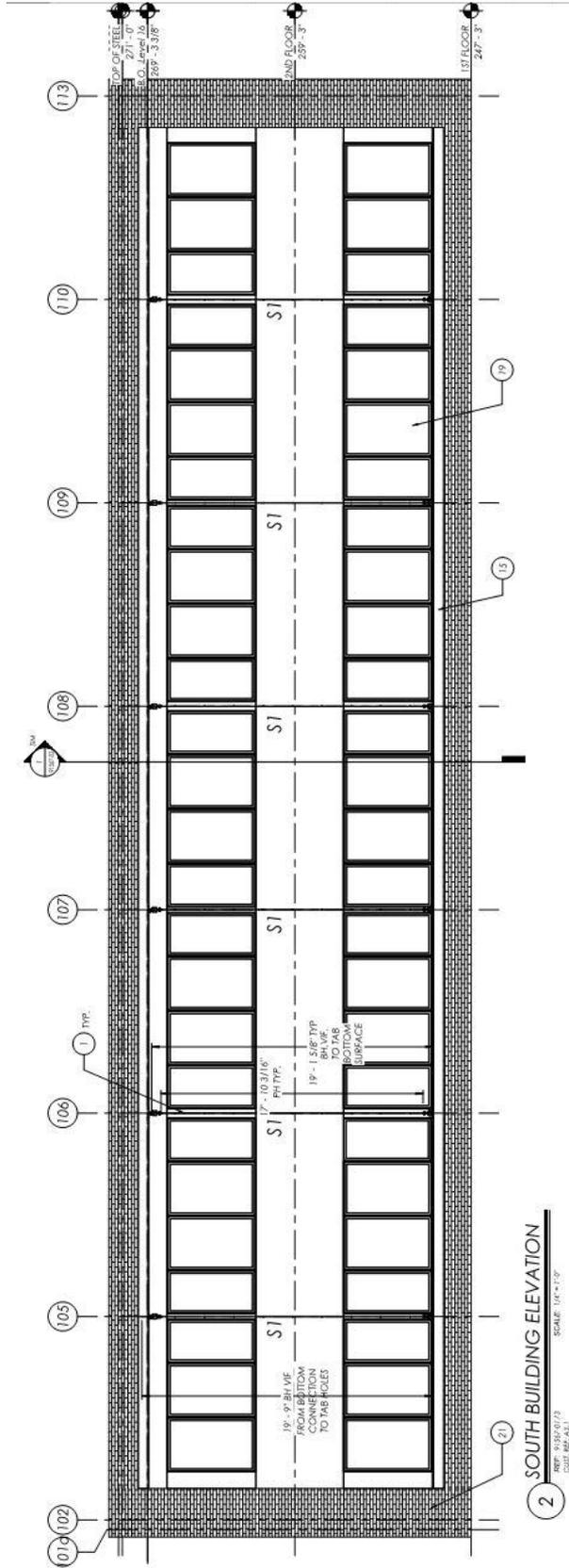
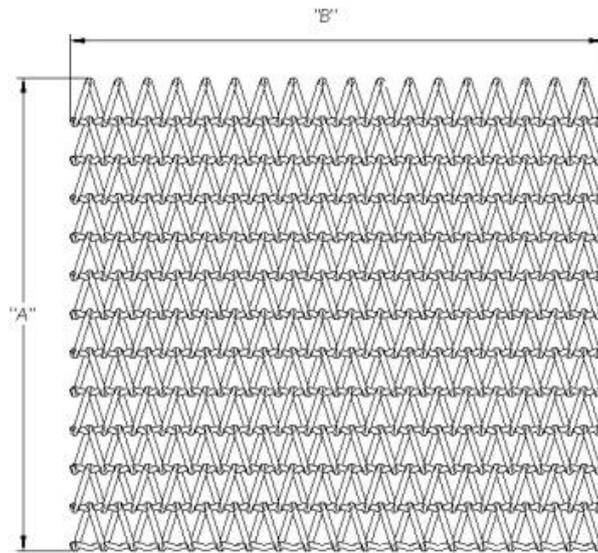


Figura 5-8: Elevación de la cara Sur del proyecto

Los componentes generales del tipo de sistema utilizado son los correspondientes al sistema de cable:

- Malla: El tipo de malla varía de acuerdo a la necesidad del cliente. En el proyecto de Eastchester Middle School la malla utilizada es del tipo Shade. En este caso el panel trabaja como protector contra la radiación y luz solar dándole sombra al edificio en sus caras orientadas hacia el este y el sur.



SHADE
OPEN AREA: 43%
WEIGHT: 0.94 LB/SQ.. FT.
MATERIAL: T-316 STAINLESS STEEL

- Tubo: Eclipse (2" SCH.40) tubo de acero inoxidable cepillado. Será fijado y tensionado con varillas a rosca soldadas que se conectan al bracket.
- Bracket rectangular de Cambridge: Este componente conectará el panel a la parte superior e inferior de la estructura de soporte del Sistema.
- Sistema de Cable: Este Sistema será el responsable de mantener la malla en su posición rígida. (Ver Figura 5-9)

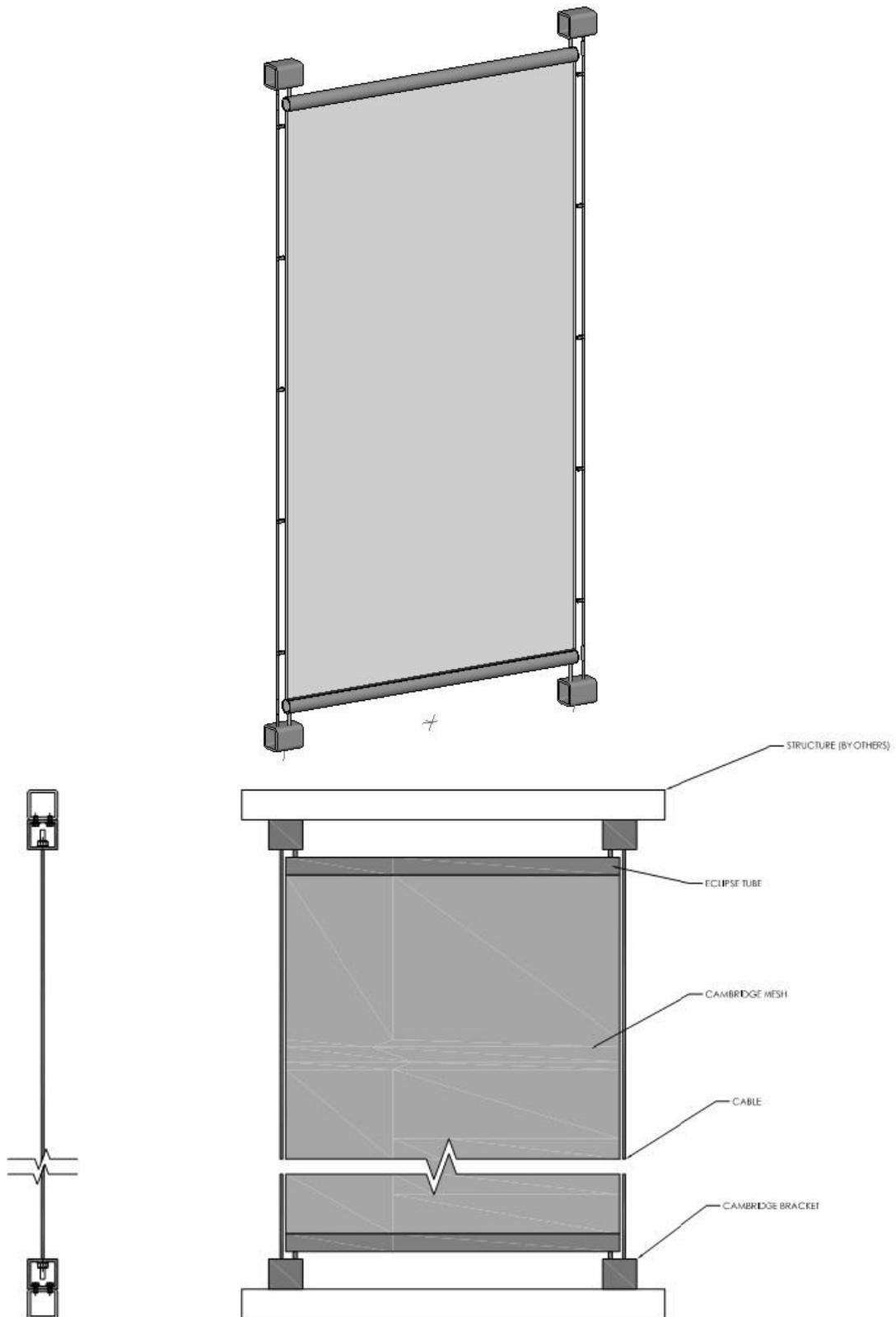


Figura 5-9: Imágenes obtenidas del modelo BIM para mostrar el sistema de cable utilizado en este proyecto.

Como se mencionó anteriormente, el edificio en sí no se modela en su totalidad sino que sólo interesa la estructura a la cual estará fijado el sistema de los paneles metálicos. En este proyecto interesa la porción de la escuela en la que se encuentran colocados los ventanales, ya que en ellos se colocarán los parasoles de tejido metálico. Dentro de los componentes de la estructura que deben ser considerados se tienen los siguientes:

- Estructura inferior: Debido a que es el responsable de sujetar el bracket rectangular inferior (con bulones o anclajes especiales para concreto, tipo bulones Kwik). También es importante considerar sus dimensiones, debido a que esto limitará el ancho del panel. En el caso de Eastchester, la estructura inferior es el antepecho de las ventanas, con una pequeña inclinación, lo cual afectará el largo de los cables laterales, haciendo que uno sea más largo que el otro.
- Estructura superior: Es donde el bracket superior de Cambridge será fijado con bulones o anclajes especiales para concreto, tipo bulones Kwik). En este proyecto, la fijación superior se hace mediante unos soportes especiales de los brackets de Cambridge, los cuales se sujetan a la estructura de concreto superior. La estructura superior junto con la estructura inferior limitarán la altura del panel, la cual no podrá superar los 9,15 m según las limitaciones. Las mallas metálicas para esta escuela tienen una altura de 214,16", equivalente a 5,45 metros, y la estructura completa de panel junto con sus soportes tiene una altura de 237", equivalente a 6 metros.
- Estructura lateral: Cualquier estructura que pudiera interferir con el panel, con sus componentes o con su proceso de instalación debe ser considerado al momento de modelar la estructura del edificio. En el Proyecto de Eastchester Middle School, se tienen unos sistemas de clips de aluminio de 3.5" de ancho que van a limitar las dimensiones del panel y su posición.

En este proyecto, las ventanas no fueron relevantes en el diseño ya que no generan una interferencia con el sistema de la malla metálica. Fueron modeladas simplemente para mostrar la función del panel. Ver Figura 5-10 y Figura 5-11.

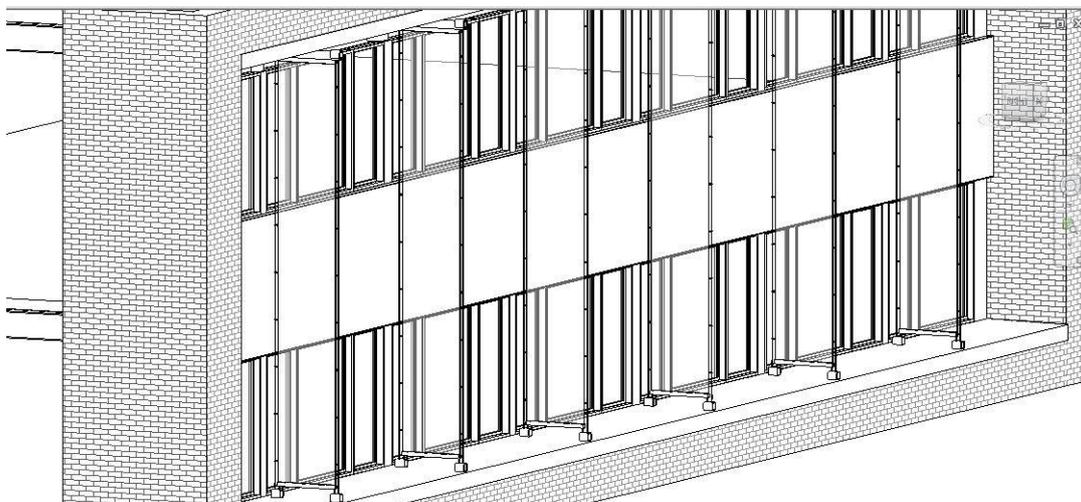


Figura 5-10: Imagen 3D obtenida del modelo BIM, en la que se puede observar la colocación final de los paneles metálicos

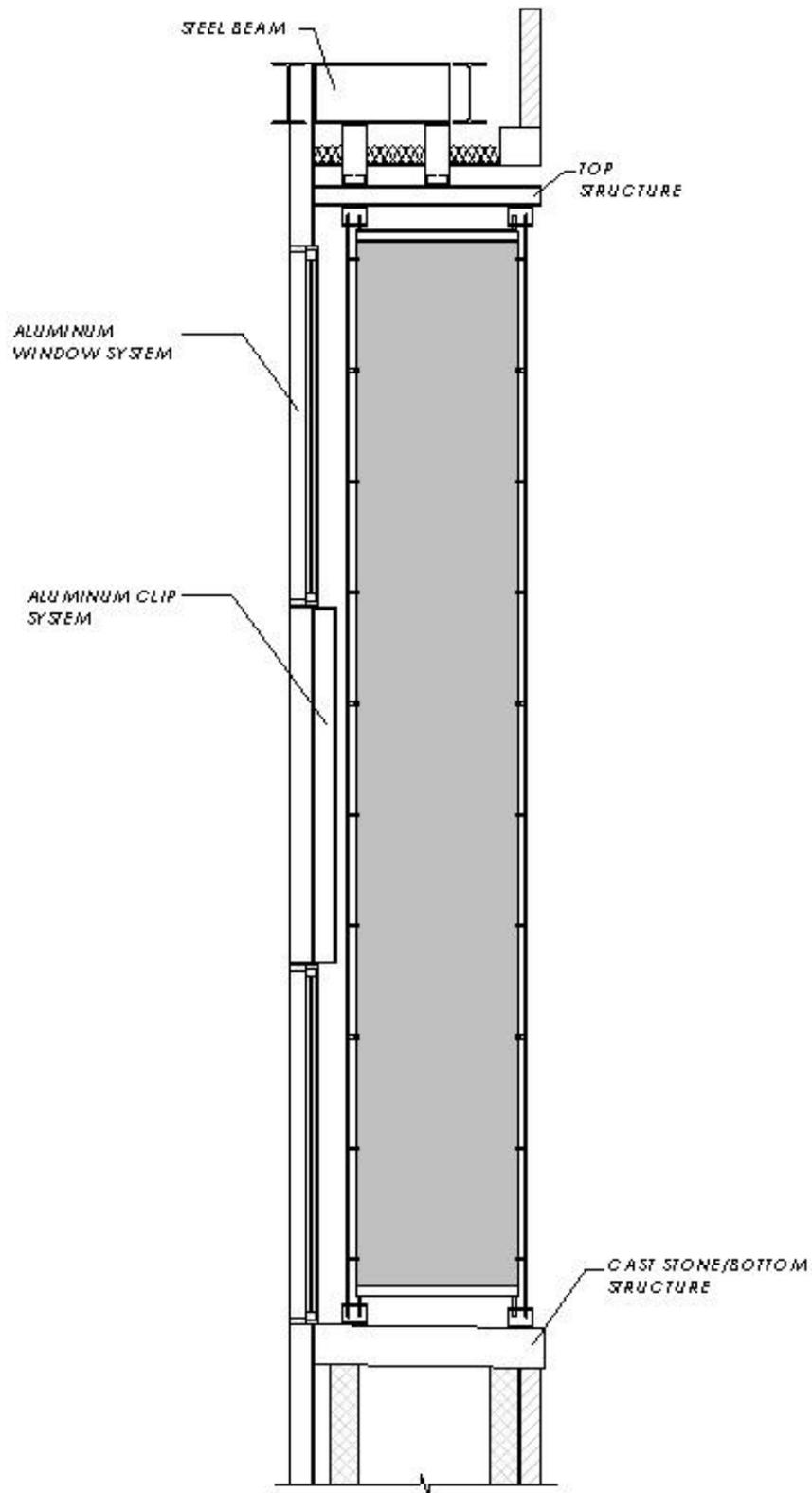


Figura 5-11: Estructura de soporte del sistema de paneles

Uno de los inconvenientes con los que se tuvo que lidiar fue la existencia de un sistema de clip de aluminio, el cual limitaba el ancho del panel, por lo que esta dimensión de malla fue fácilmente adaptable a las circunstancias en las plataformas BIM. Otro punto que afectaba este sistema de clip de aluminio era el espacio libre que quedaba para manipulación e instalación del panel, el cual debía ser como mínimo de 2 pulgadas (5 cm). Esto produjo otra modificación en el ancho del panel.

Como resultado del proceso de trabajo se han obtenido diversas plantas y elevaciones que permiten al cliente la fácil y rápida instalación de los paneles en el sitio. Durante todo proceso de producción surgen puntos conflictivos e inconvenientes que gracias a las plataformas BIM pudieron ser previstos y solucionados a tiempo sin necesidad de llevarlos a obra en donde encontrarse con problemas de este tipo hubieran significado costosas y no siempre eficientes soluciones.

6.2 COTTON BOWL RENOVATION

Este proyecto consiste en la renovación del estadio Cotton Bowl ubicado en Dallas, Texas, Estados Unidos, perteneciente al Departamento de Parques y Recreación, de la Oficina de Cultura pública y Programas de Arte de la Ciudad de Dallas. Ver Figura 5-12.

Parte de la renovación de US\$ 57 millones del Cotton Bowl incluye mejoras estéticas a las fachadas norte y sur exteriores o zonas extremas, del histórico estadio. Se celebró un concurso de diseño para este ámbito de aplicación del proyecto. El concepto del diseño ganador, titulado 'Light Veil', en castellano significa Velo de Luz, que incluye dos patrones de malla flexible arquitectónicos de Cambridge y un sistema de fijación de ingeniería, vino de James Carpenter Design Associates, Inc. (JCDA a partir de ahora) de la ciudad de Nueva York.

La intención del diseño fue crear una carcasa, un cerramiento, pero que permitiera la visión dentro y fuera del predio al mismo tiempo que permite al estadio tomar la forma del cerramiento. Era un área grande para cubrir y se necesitaba un material económico que también fuera capaz de lograr la estética deseada, especialmente con respecto a la reacción con la luz del sol. JCDA imaginó el uso de tela metálica tejida. Decidió hacer una serie de cintas que vendrían hacia el interior desde la parte superior de la estructura, luego se sujetan y continúan fluyendo hacia abajo para crear una forma elegante. Las cintas de malla de metal permitirían mantener las curvas del estadio en sí.



Figura 5-12: Estadio Cotton Bowl antes de la renovación

Se utilizaron dos escalas diferentes de mallas, que se convirtieron en una herramienta de diseño. Se colocaron cintas largas de la malla de tejido metálico de menor escala desde la parte superior de la estructura todo a lo largo hasta la zona inferior. Luego, en la porción superior de la estructura, se utilizó la malla de acero inoxidable de mayo escala que refleja mucho más la luz solar. Cuando ambas se superponen, se obtiene una sensación de profundidad entre los dos patrones. Y aunque el tejido mayor está por detrás del tejido de menor escala, como se refleja mucho más la luz solar, transforma la superficie en un velo diáfano que permite el paso limpio de la luz.

Se utilizaron dos escalas diferentes de mallas, que se convirtieron en una herramienta de diseño. Los patrones de malla Mid-Balance y Pellican de Cambridge se adaptaron perfectamente a la consecución de los objetivos estéticos y de filtrado de luz del diseño Light Veil. Las aplicaciones que se buscaban con estos sistemas de paneles eran darle una estética a la fachada del estadio, y permitir sombras que ayuden al ahorro de energía ya que reducen las cargas de radiación solar, disminuyendo el consumo de energético. Cambridge trabajó en estrecha colaboración con James Carpenter Design Associates para explorar los patrones de malla de metal más apropiados y sistemas de fijación adjunta que contribuiría a lograr la visión de la firma. Se colocaron cintas largas de la malla de tejido metálico de menor escala desde la parte superior de la estructura todo a lo largo hasta la zona inferior. Luego, en la porción superior de la estructura, se utilizó la malla de acero inoxidable de mayo escala que refleja mucho más la luz solar. Cuando ambas se superponen, se obtiene una sensación de profundidad entre los dos patrones. Y aunque el tejido mayor está por detrás del tejido de menor escala, como se refleja mucho más la luz solar, transforma la superficie en un velo diáfano que permite el paso limpio de la luz.

Profesionales de la ingeniería en Cambridge trabajaron estrechamente con Heery International, la empresa de diseño / construcción en el proyecto; suministrándoles diseños de trabajo para esta instalación de grandes paneles de malla, así como recomendaciones de fijación estructurales y los detalles de la carga. Estos diseños de

trabajo poseían sus modelos BIM, los cuales fueron proporcionados por ENGworks. La planilla técnica inicial consistía en lo siguiente:

<u>BUILDING CODES / PE APPROVAL:</u>	
THE ATTACHMENT LAYOUT IS BASED ON PRELIMINARY CALCULATIONS FOR THE BUILDING CODES PROVIDED.	
MESH AND ATTACHMENT SYSTEM IS DESIGNED TO WITHSTAND WIND AND ICE LOADING.	
A SET OF DRAWINGS ARE BEING SENT TO OUR PROFESSIONAL ENGINEER, FOR APPROVAL.	
<u>UNTIL WE RECEIVE PE APPROVAL, WE SHOULD NOT LAYOUT OR DRILL ANY MOUNTING HOLES FOR THE ATTACHMENTS.</u>	
THE BUILDING CODE THAT WE ARE USING FOR THIS PROJECT IS:	
1. CITY OF DALLAS BUILDING CODE (2006 INTERNATIONAL BUILDING CODE WITH CITY OF DALLAS AMENDMENTS)	
2. 2003 INTERNATIONAL EXISTING BUILDING CODE WITH CITY OF DALLAS AMENDMENTS	
WIND LOADS: SEE APPROVED CALCS FOR BUILDING LOADING	
SUMMER WIND SPEED (3 SEC GUST MPH)	90
WINTER WIND SPEED (3 SEC GUST MPH)	30
WINTER ICE BASIC THICKNESS (IN)	0.75
EXPOSURE CATEGORY	C
IMPORTANCE FACTOR	1.15
MAXIMUM PANEL HEIGHT ABOVE GRADE (FT)	80
MESH ACTING AS FALL PROTECTION	NO
LOADING INFORMATION-PELLICAN MESH	
PRE-LOAD (lbs/FT. WIDTH)	200
DEFLECTION (IN)	13.59
TOP VERTICAL (lbs/FT. WIDTH)	1350
TOP HORIZONTAL (lbs/FT. WIDTH)	275
INTERMEDIATE HORIZONTAL (lbs/FT. WIDTH)	NA
BOTTOM VERTICAL (lbs/FT. WIDTH)	1285
BOTTOM HORIZONTAL (lbs/FT. WIDTH)	275
LOADING INFORMATION-MIDBALANCE MESH:	
PRE-LOAD (lbs/FT. WIDTH)	200
DEFLECTION (IN)	17.11
TOP VERTICAL (lbs/FT. WIDTH)	1001
TOP HORIZONTAL (lbs/FT. WIDTH)	198
INTERMEDIATE HORIZONTAL (lbs/FT. WIDTH)	284
BOTTOM VERTICAL (lbs/FT. WIDTH)	930
BOTTOM HORIZONTAL (lbs/FT. WIDTH)	81

Tabla 5-2: Ficha técnica inicial de proyecto

En la misma se detallan especificaciones respecto a las características de la malla por un lado, y especificaciones a las cargas soportadas por ésta por otro lado. En cuanto a las características de la malla se especifica: la velocidad del viento en verano y en invierno, el espesor del hielo que se forma durante las heladas, correspondiente a 0,75 pulgadas – 1,905 cm – la categoría de exposición, factor de importancia y altura máxima del panel, correspondiente a 80ft – 24,5 m – y también hace mención respecto a si la malla actuará como protección contra caídas o no – en este caso no lo hará. En cuanto a la información de cargas, se especifica para cada malla la pre-carga del cable, la deflexión de la malla, la reacción vertical y horizontal en cada fijación tanto superior como inferior. En este caso no se ha recibido información respecto a la distancia mínima que debe haber entre el borde de malla y los soportes de fijación, ni de la distancia entre los mismos.

La especificación de renovación exterior Cotton Bowl última incorpora 862 paneles en total, de los cuales 688 son con malla Mid-Balance y los 174 restantes son con malla Pellican. Ver Figura 5-13.

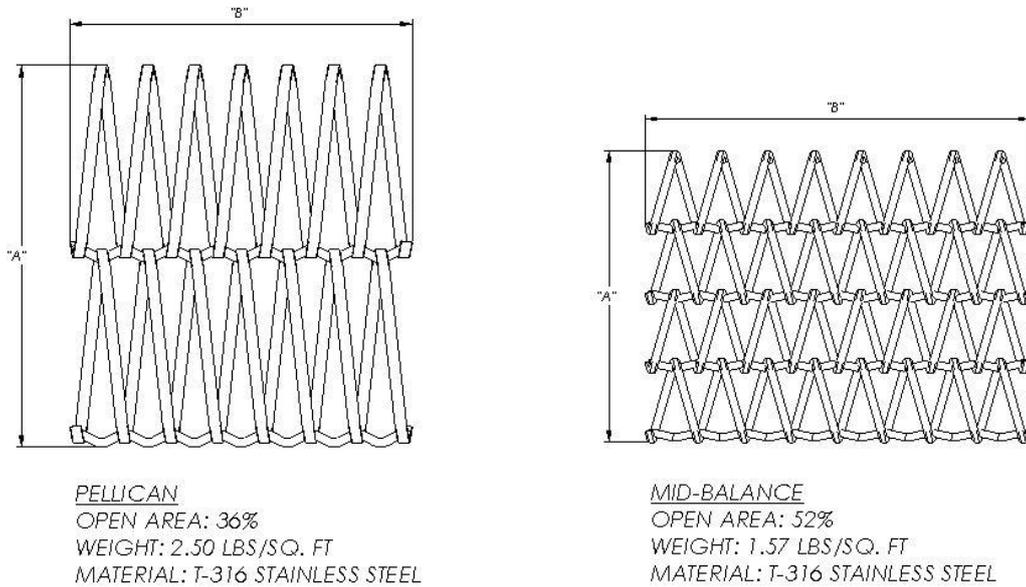


Figura 5-13: Detalle malla Pellican y malla Mid-Balance

Estos paneles fueron ubicados de manera intercalada, situándose los paneles largos de Mid-balance por delante de los paneles más cortos de malla Pellican. Ver Figura 5-14.

Debido a la curvatura del estadio, a la superposición de paneles y a la variación de espacios, no fue posible que todos los paneles tengan las mismas dimensiones, obteniéndose una grande variedad de tamaños de paneles, los cuales se detallan en la Tabla 5-3. Esta planilla obtiene la información del modelo BIM, y por una serie de campos y filtros que se le asignan, permite ordenar esta información y mostrarla en forma de tabla.

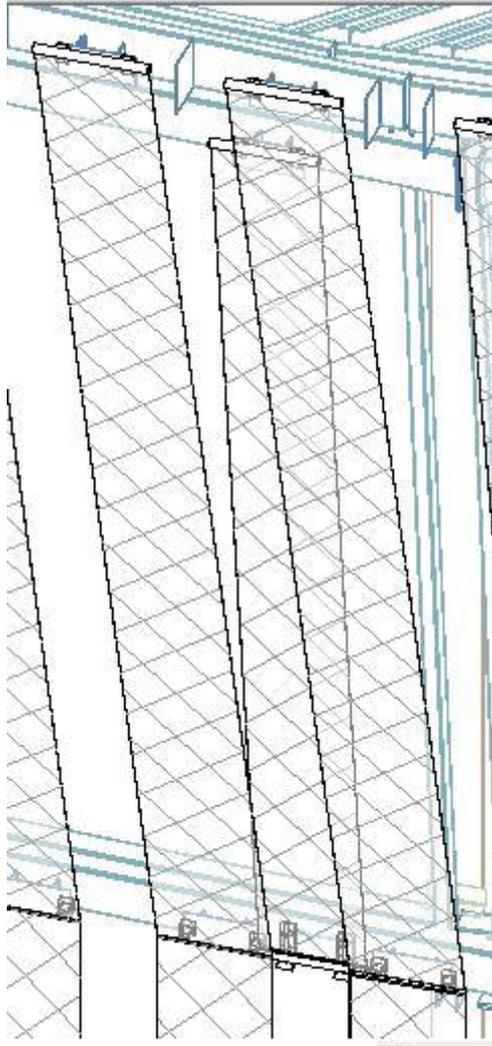


Figura 5-14: Imagen 3D obtenida del modelo BIM para mostrar la posición de los paneles entre ellos.

PANEL DIMENSIONS				
PANEL NAME	QTY	"B"WIDTH	"A"HEIGHT	MESH TYPE
M1-A	183	28.00"	360.00"	MIDBALANCE (SPLICED)
M1-B	183	28.00"	234.75"	MIDBALANCE (SPLICED)
M2-A	145	28.00"	360.00"	MIDBALANCE (SPLICED)
M2-B	145	28.00"	234.75"	MIDBALANCE (SPLICED)
M3-A	6	30.00"	360.00"	MIDBALANCE (SPLICED)
M3-B	6	30.00"	234.75"	MIDBALANCE (SPLICED)
M4-A	6	30.00"	360.00"	MIDBALANCE (SPLICED)
M4-B	6	30.00"	234.75"	MIDBALANCE (SPLICED)
M5	1	28.00"	318.75"	MIDBALANCE
M5	3	28.00"	319.50"	MIDBALANCE
M6	1	28.00"	318.75"	MIDBALANCE
M6	3	28.00"	319.50"	MIDBALANCE
P1	174	26.00"	254.00"	PELLICAN
862				

Tabla 5-3: Panilla inteligente que muestra las dimensiones de los paneles, la cantidad y tipo de malla de cada uno.

El tipo de sistema que se utilizó fue el eclipse estándar. Los sistemas de fijación de Cambridge Eclipse proporcionan una solución final para el montaje de paneles de malla de metal flexible. En este diseño, espirales de malla encajan en aberturas cortadas con láser en los tubos de fijación de acero inoxidable y la malla se estira en tensión. Puede acomodar paneles de malla flexibles de hasta 20 pies de ancho y más de 100 pies de alto.

Cambridge ofrece varias versiones de Eclipse para hacer frente a una amplia variedad de requisitos de conexión de malla exterior e interior:

Eclipse Ejector - Diseñado para aplicaciones exteriores de carga pesada. Incluye abrazadera extra fuerte para el bracket de resorte de tensado.

Eclipse mid- ejector - Diseñado para aplicaciones exteriores de carga media. Incluye soporte estándar de resorte de tensado.

Eclipse U-Bracket - Diseñado para carga media de aplicaciones interiores o exteriores. Incluye soporte en Un y tornillos de tensión.

Eclipse Cable - Diseñado para carga media de aplicaciones interiores o exteriores. Incluye fijación de cable ajustable.

En este proyecto se utilizó el sistema Eclipse Ejector con brackets intermedios. Para más detalle de este tipo de instalación se puede ver la Figura 4-28 en el Capítulo 4 – Formas y métodos de Fijación.

Los componentes generales del tipo de sistema utilizado son los siguientes:

- Malla: Para el proyecto de Cotton Bowl se utilizan dos patrones de malla: Mid-Balance y Pellican. Las funciones de las mismas serán reducir el resplandor solar, difusión de la luz, brindar sombra al interior del edificio, permitir la ventilación y la visibilidad de ambos lados de la malla.
- Tubo: Eclipse (2" SCH.40) tubo de acero inoxidable cepillado. La malla se encaja en aberturas que el tubo posee y mediante una varilla que atraviesa a la malla, ésta queda fijada al tubo. Al mismo tiempo, éste se fija al bracket que sostendrá todo el sistema.
- Bracket superior e inferior con resorte de tensión: Este componente conectará el panel a la parte superior e inferior de la estructura de soporte del sistema. El resorte de tensión permitirá ajustar la instalación al lago de malla.
- Bracket intermedios: Más pequeños que los soportes de los extremos, permiten mantener a la malla en una posición fija.

La estructura de interés para el modelo, fue la estructura sobre la que se fijaron las mallas. Ésta fue toda la estructura metálica exterior, consistente en:

- Estructura superior: Es donde el bracket superior de Cambridge será fijado por medio de bulones. Para el caso de la malla Mid-balance, la cual será fijada en un nivel superior, esta estructura consiste en perfiles metálicos HSS (rectangulares) de 14"x4"x5/16". El soporte superior de la malla Pellican se hará 56" más abajo, sobre un perfil metálico rectangular HSS de 12"x8"x3/8".
- Estructura intermedia: Debido a la gran longitud de los paneles de malla Mid-balance, es necesario una fijación intermedia que permita la fijación de la malla y que evite su deflexión. Esta fijación se hará en dos niveles. Uno superior, en

el cual los brackets intermedios se fijarán a un perfil metálico rectangular HSS de 12"x8"x3/8". Y un nivel inferior, en el cual el sistema de paneles metálicos estarán sujetos a una viga doble T de 24"x55".

- Estructura inferior: Debido a que es el responsable de sujetar el bracket rectangular inferior por medio de bulones, también es importante considerar sus dimensiones. Tanto los paneles de malla Mid-balance como los de Pelican, se sujetarán a un perfil metálico rectangular HSS de 12"x8"x3/8", sólo que lo harán en diferentes niveles. Como se mencionó previamente, la estructura superior e inferior son las que limitan la altura de las mallas. Las mallas metálicas Mid-balance tendrán una altura variable de 360", 234,75", 318,75" o de 319,50" según a ubicación en la que se encuentren. Las mallas más cortas se deben a que están ubicadas en las puertas de ingreso al estadio, y no pueden extenderse hasta el piso ya que eso generaría un bloqueo el paso de las personas.
- Estructura lateral: Al tratarse de una estructura circular, no hay bordes laterales que limiten el ancho de los paneles. Sólo existen columnas metálicas que dividen a la estructura en bahías lo que limitará la cantidad de paneles por bahía.

A continuación se muestran plantas y elevaciones obtenidas del modelo BIM que permitirán entender mejor el proyecto. Como se trataba de una gran cantidad de paneles, la metodología utilizada para el modelado y nombrado de los mismos fue separar el proyecto en una zona norte y una zona sur. Y a su vez cada uno de ellos se separó en zona este y zona oeste, quedando así cuatro zonas de trabajo bien definidas: Noreste (NE), Noroeste (NW), Sureste (SE) y Suroeste (SW). Cada zona estaba dividida por bahías, las cuales eran definidas por las columnas de la estructura metálica del estadio. Ver Figuras 5-15 a 5-23.

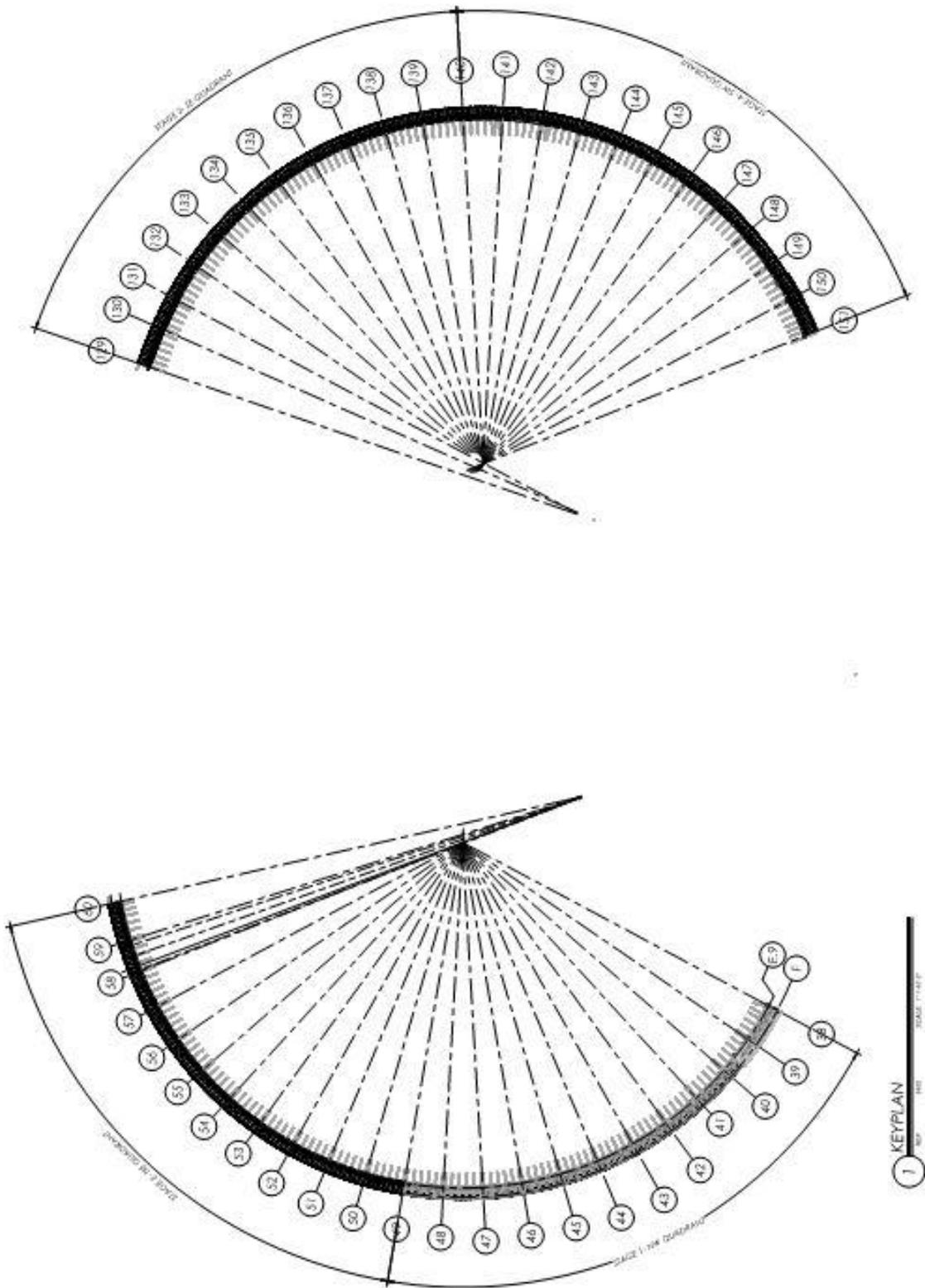


Figura 5-15: Planta general del proyecto. En ella se pueden ver las 4 zonas generales en las que se dividió el modelo

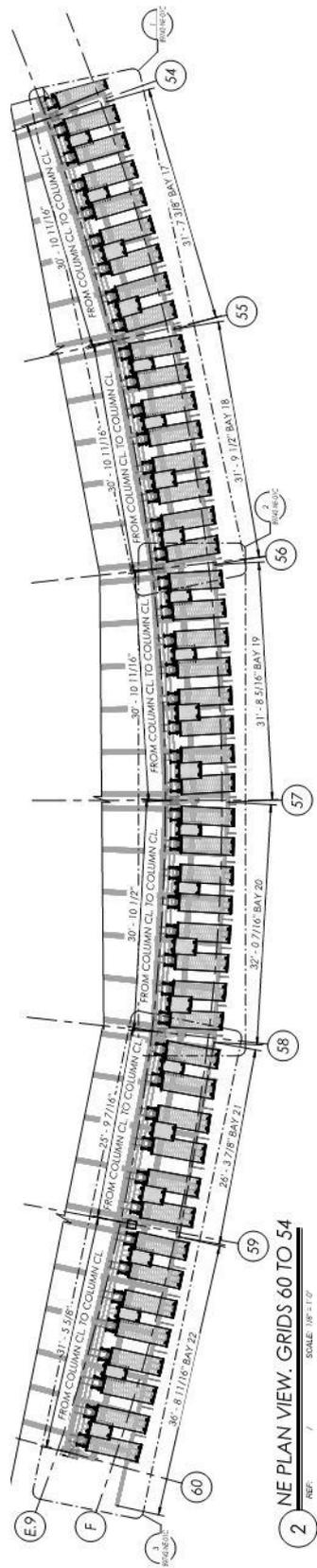


Figura 5-16: Planta parcial de la zona Noreste

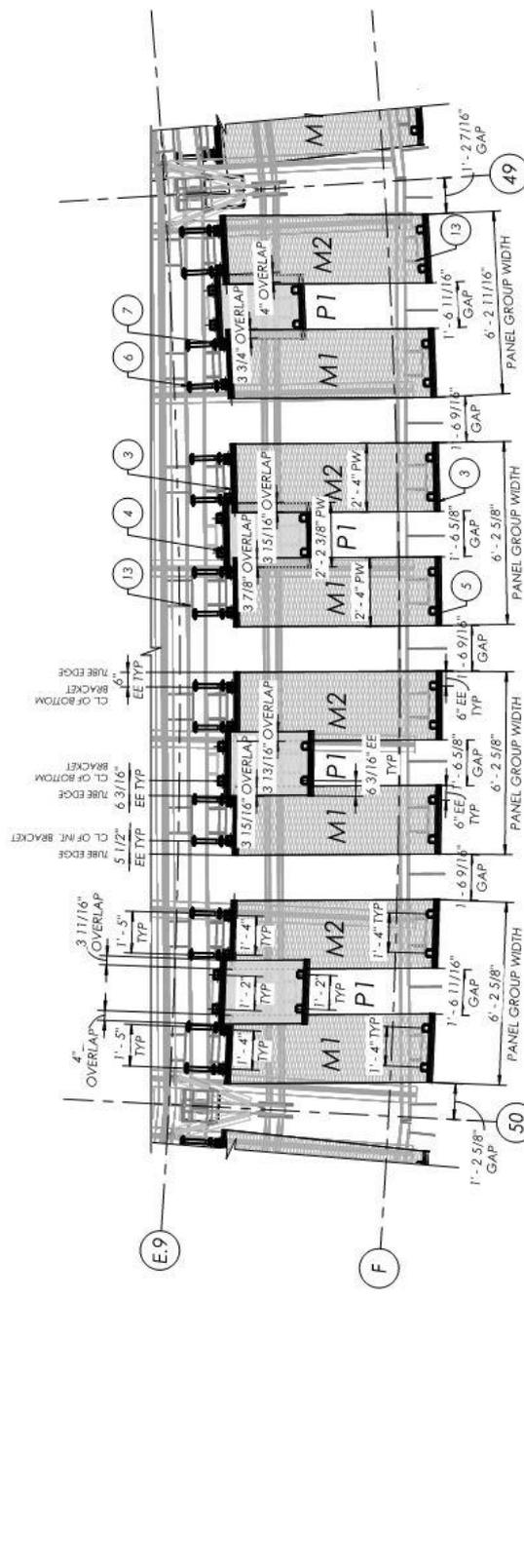


Figura 5-17: Planta agrandada de una bahía de la zona noreste

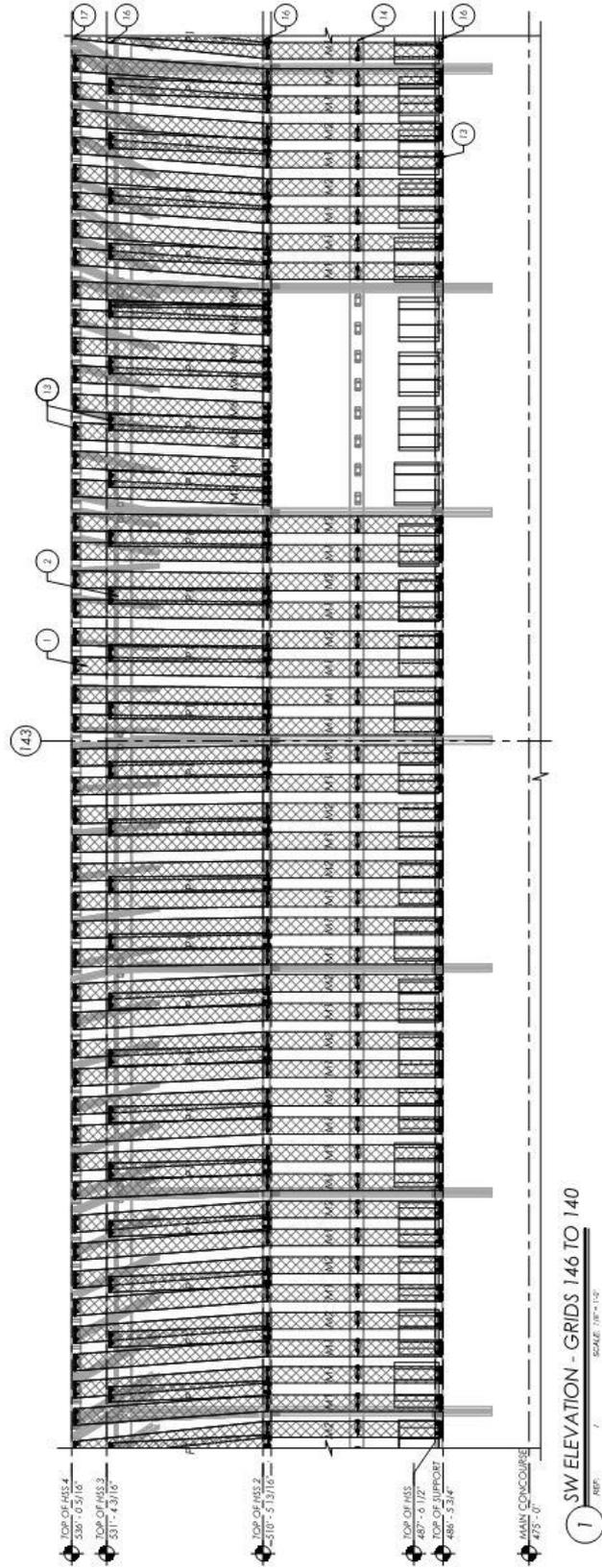


Figura 5-18: Elevación de una porción de la zona Suroeste. En la misma se puede observar la zona en la que los paneles son de menor longitud debido a la entrada al estadio.

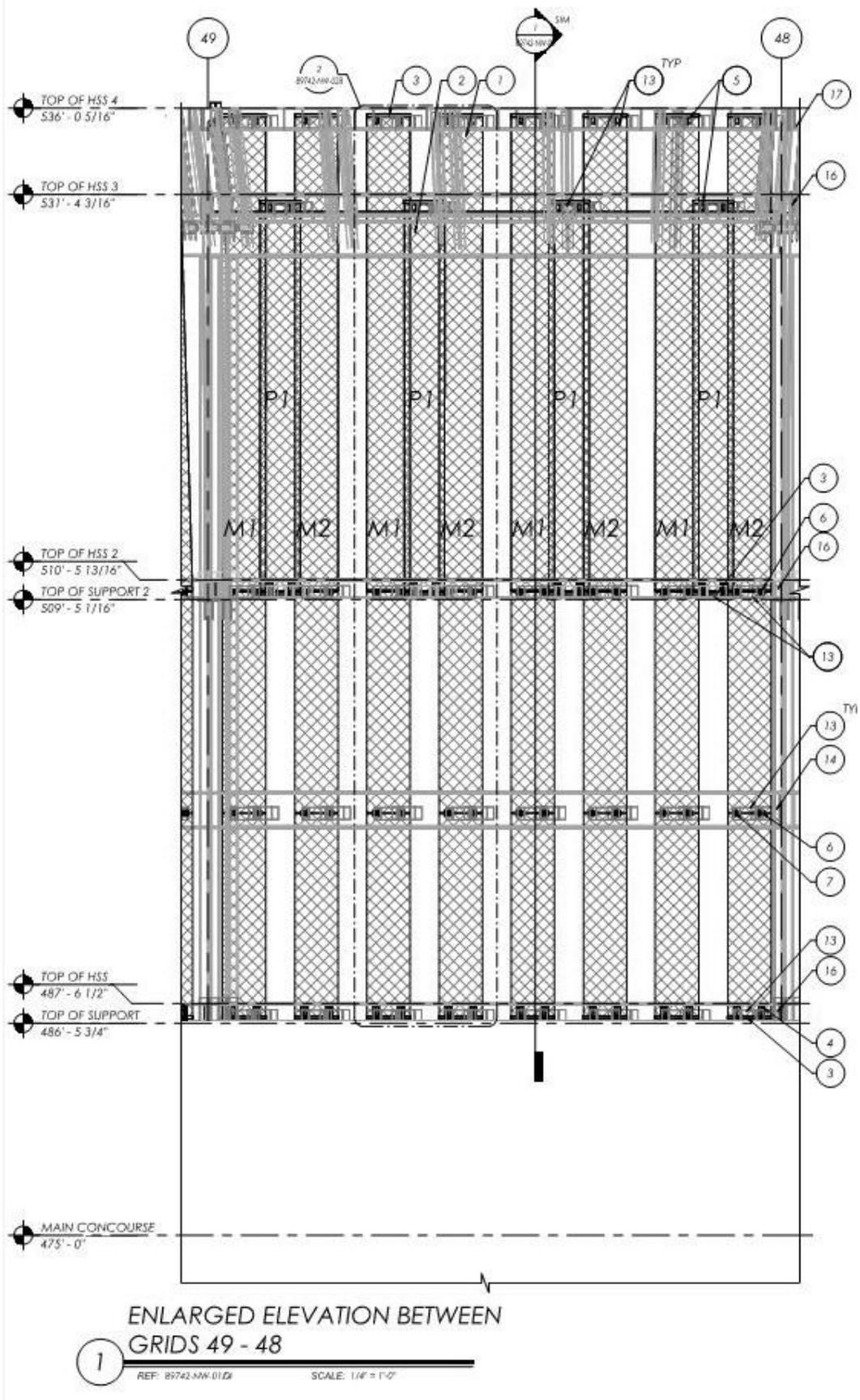


Figura 5-19: Elevación agrandada de una zona parcial del estadio

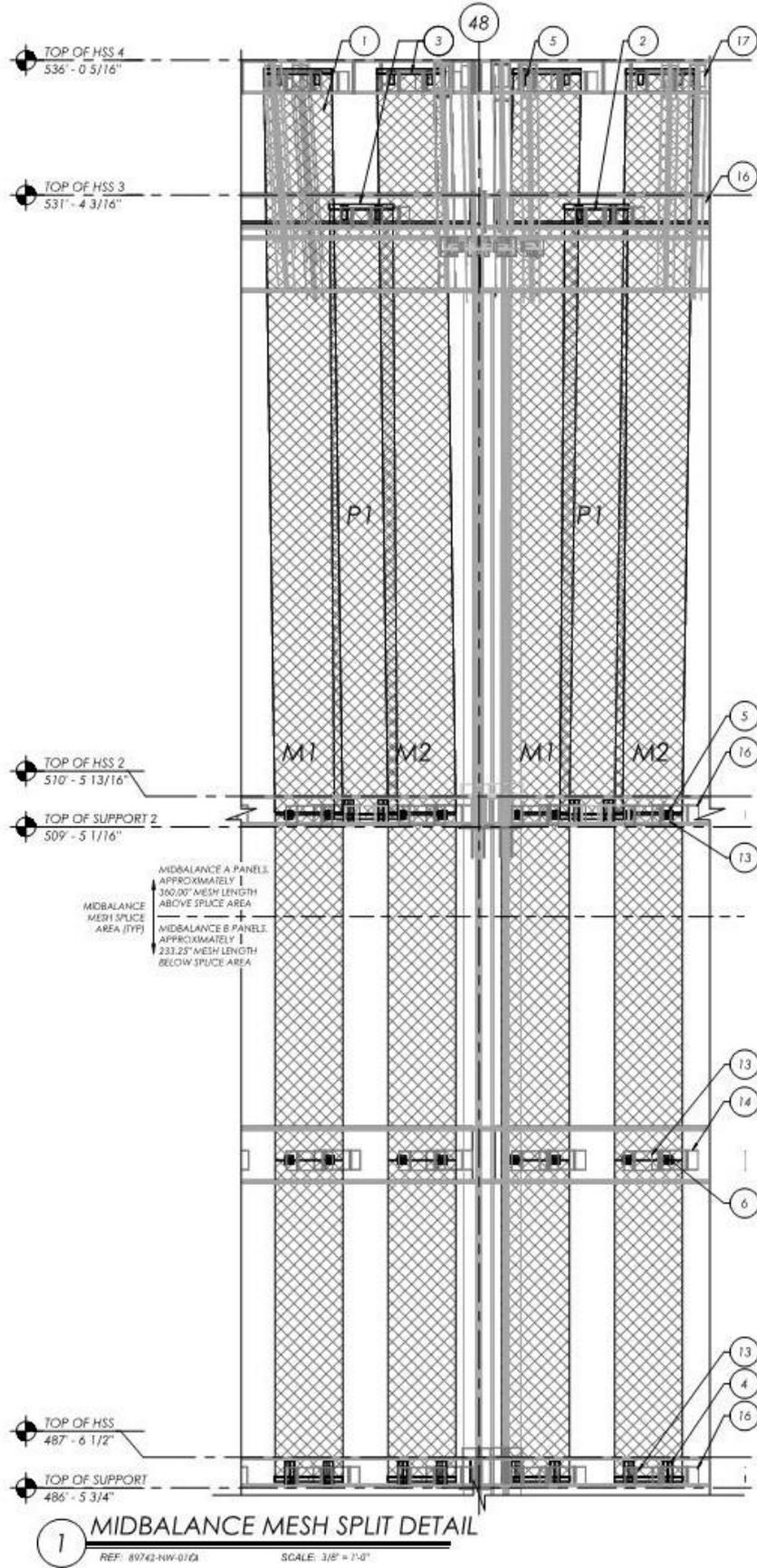


Figura 5-20: Elevación en la que se detalla el corte de la malla Mid-balance.

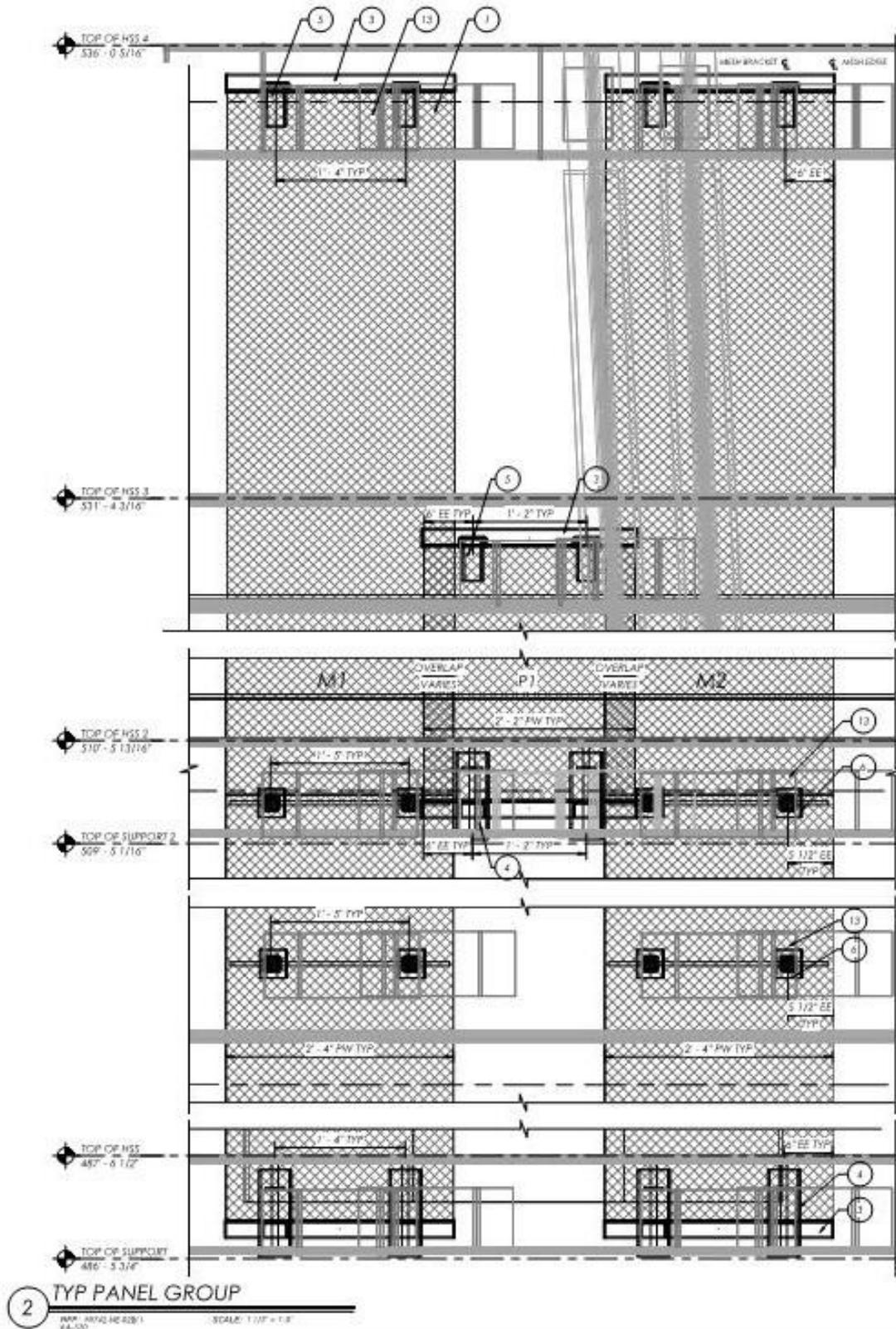


Figura 5-21: Grupo típico de paneles. En el mismo se puede observar la malla Mid-balance con sus fijaciones extremas e intermedias, y detrás de ésta la malla Pellican, la cual tiene su fijación superior en un nivel más bajo con respecto a la Mid-balance, y su fijación inferior coincidente con la primera hilera de brackets intermedios de la otra malla.

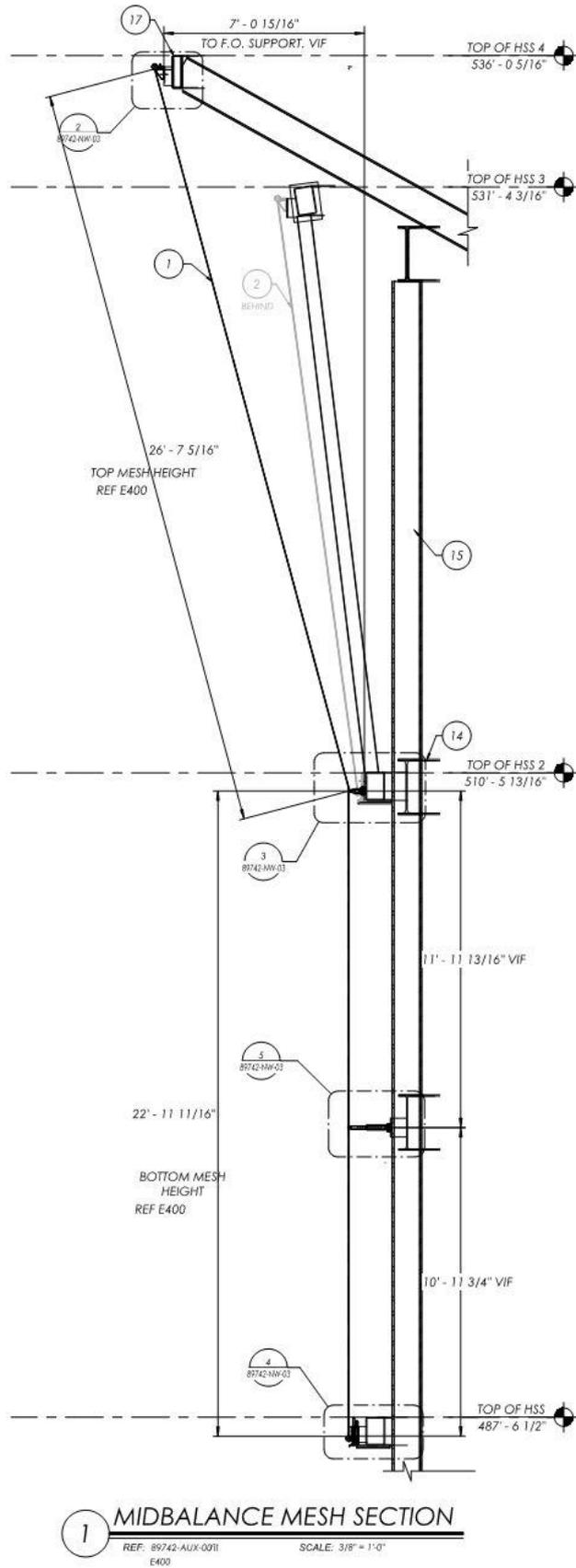


Figura 5-22: Sección que muestra la instalación de la malla Mid-balance

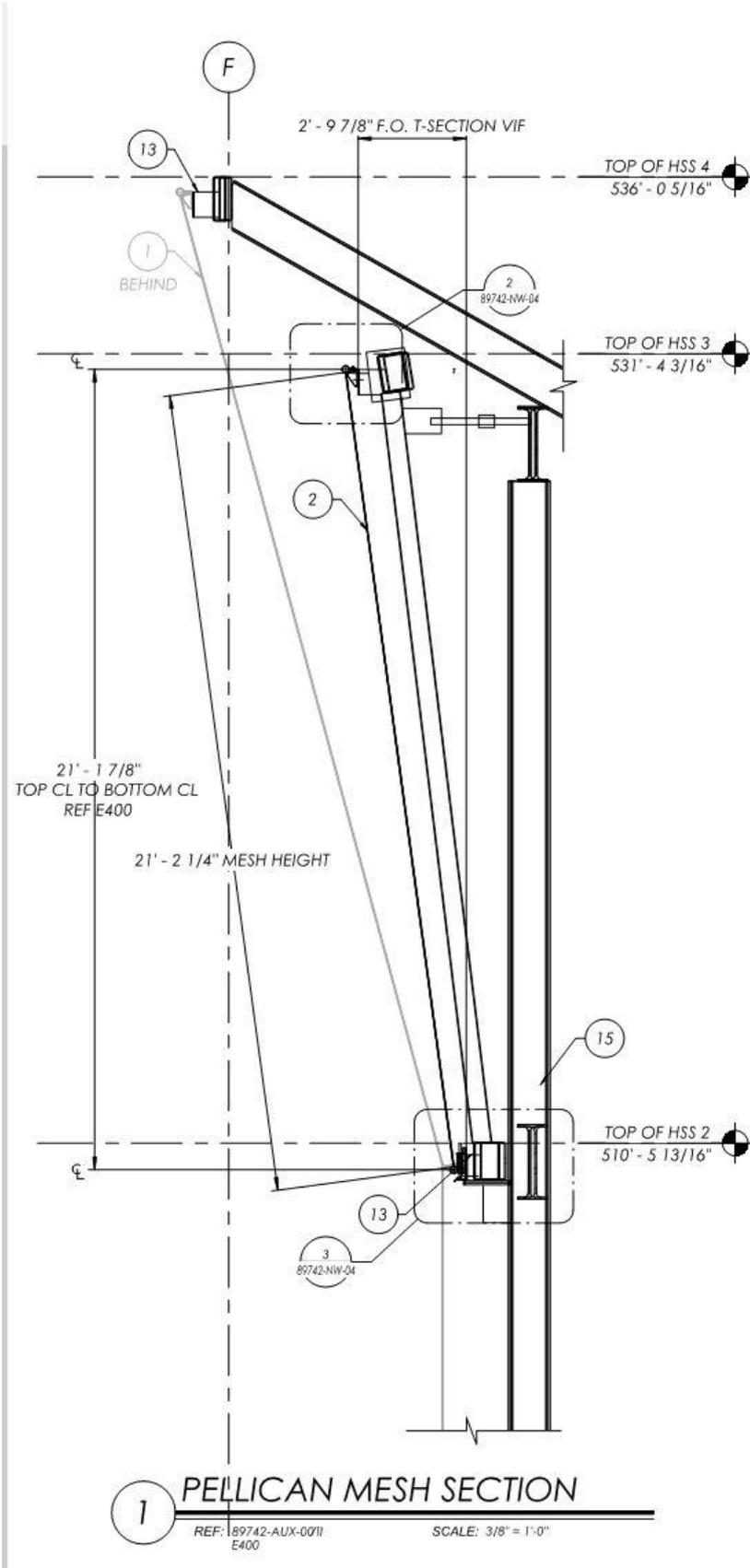


Figura 5-23: Sección que muestra la instalación de la malla Pellican

Dentro de los inconvenientes que surgieron a lo largo del proceso de producción, cabe destacar uno que hubiera generado importantes conflictos de haber sido descubierto en campo ya que hubiera significado un cambio total en la forma de instalación de los paneles. Sumado a que las dimensiones de los mismos hubieran sido erróneas y no hubiesen cabido en los espacios designados. Este inconveniente fue que si la malla Mid-balance se sujetaba sobre la estructura metálica del estadio, al encontrarse con la malla Pellican hubiesen colisionado entre ellas debido a que no habrían tenido el ángulo suficiente de separación para que esto no ocurra. Además hubiera sido imposible la instalación de los brackets de cada malla debido a la pequeña superposición en vista que éstas presentan y a que los brackets intermedios de los paneles de mayor longitud coinciden en hilera con los brackets inferiores de la malla de menor longitud.

Esto se solucionó mediante la incorporación de separadores metálicos, los cuales se sueldan a la estructura del estadio, permitiendo la separación necesaria para que los paneles no colisionen entre ellos. El panel de patrón Mid-balance se sujetará a este espaciador, y deberá hacerlo en todos sus puntos de sujeción para mantener la línea y lograr la estética buscada.

Esto se puede observar en las últimas dos figuras mostradas (5-22 y 5-23).

La colaboración entre los directores de proyectos de Cambridge y los contratistas (NOW Especialidades, Balfour Beatty Construction) comenzó temprano en el proyecto para la transición eficaz del diseño y los requisitos estructurales a través del proceso de fabricación. Cambridge Architectural facilitó una instalación profesional y provista de soporte en el sitio para asegurar la conclusión satisfactoria del proyecto.

La impresionante e imaginativa nueva fachada del Cotton Bowl, refleja ahora mismo de manera adecuada el boato y el prestigio de los juegos celebrados en las instalaciones deportivas de importancia histórica. Cambridge junto con ENGworks fueron capaces de ayudar a crear una gran obra que permitió el uso de la luz solar que era importante para el diseño, mientras se mantiene dentro del presupuesto. Ver Figuras 5-24 a 5-29.

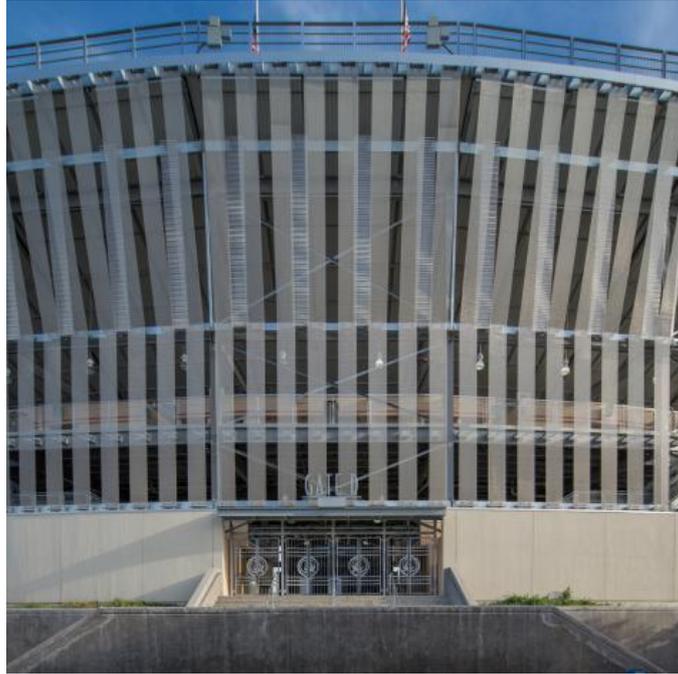


Figura 5-24: Ingreso al estadio



Figura 5-25: Nueva Fachada del Estadio Cotton Bowl



Figura 5-26: Instalación inferior de las mallas metálicas Mid-balance

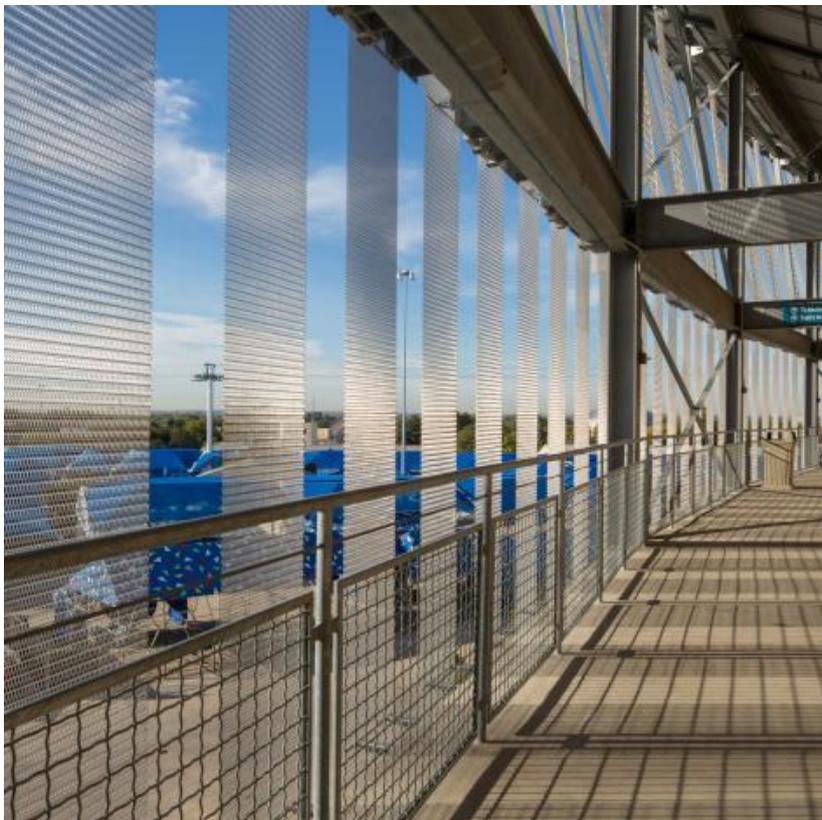


Figura 5-27: Efecto de sombreado y disminución del resplandor solar al interior del estadio.

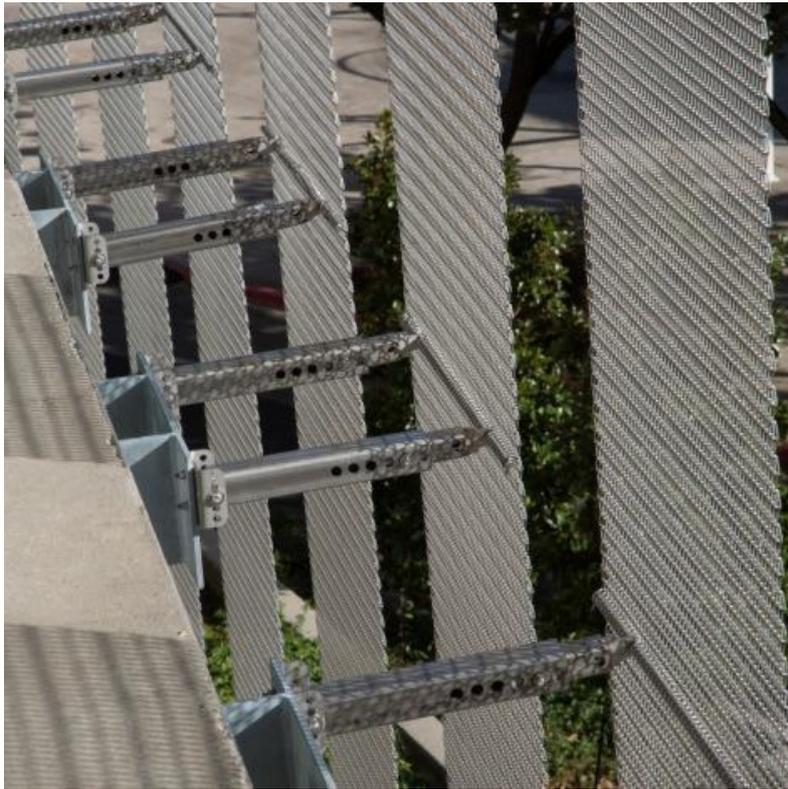


Figura 5-28: Fijación de los brackets intermedios. En esta imagen se pueden observar los separadores a los que se sujetan los paneles de malla Mid-balance.

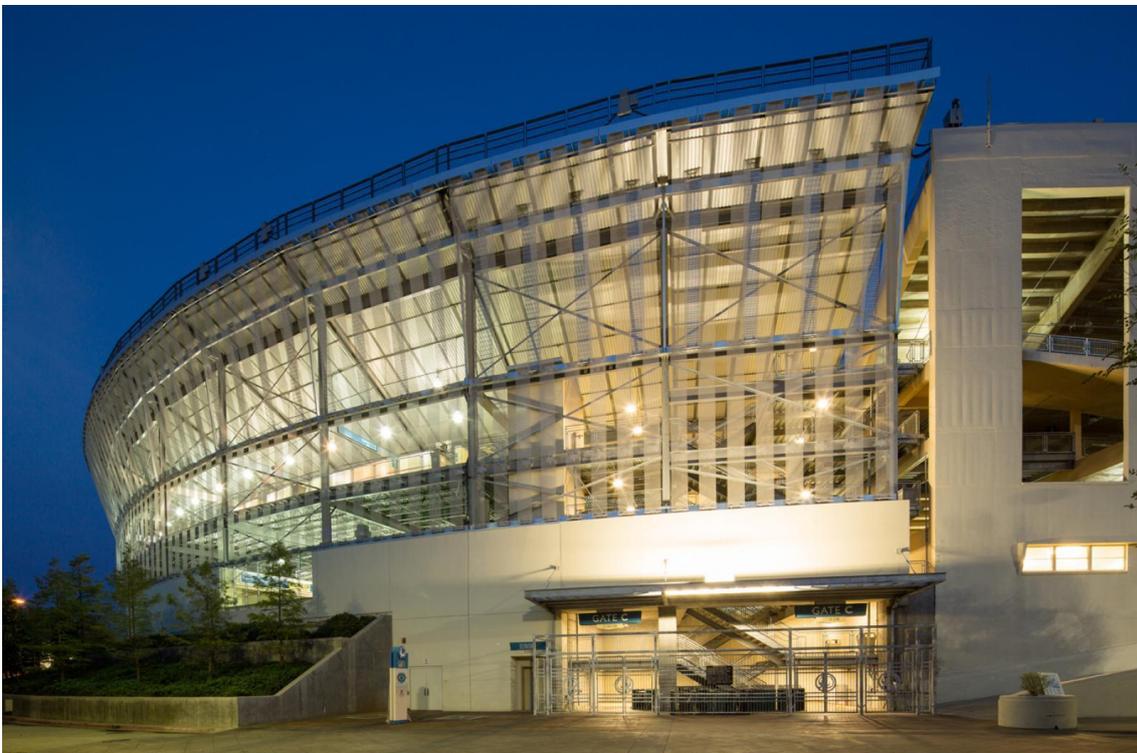


Figura 5-29: Imagen nocturna del estadio Cotton Bowl con las mallas iluminadas con luz blanca que resalta la elegancia de la nueva fachada.

6.3 TOP GOLF COLONY

TopGolf International, Inc. (también conocido como TopGolf o Target Oriented Practice Golf) es un centro de entretenimiento deportivo con sede central en Dallas, Texas, con ubicaciones en todo Estados Unidos e Inglaterra. TopGolf cuenta con un juego de golf que utiliza la tecnología de un microchip dentro de pelotas de golf que se lanzan en varias metas con los clubes reales para ganar puntos. Los jugadores dan el primer golpe desde una bahía hacia un campo abierto con objetivos que van en distancia desde los 20 a 230 metros. Los jugadores reciben información instantánea sobre los lejos que han llegado a un tiro y se asignan puntos basados en distancia y precisión.

En esta oportunidad, ENGworks tuvo la posibilidad de participar en el proyecto de una de estas sedes de TopGolf, ubicado en The Colony, Texas, Estados Unidos. TopGolf Colony es un nuevo complejo de entretenimiento con 102 bahías de tiro en 3 niveles, múltiples bares, una terraza al aire libre con bar privado, y varias salas de reuniones de la empresa. El lugar de 65.000 pies cuadrados (6038 m²) no sólo es extenso, su elegante perfil sugiere algo extraordinario. Entretanto, la entrada hace que los huéspedes se sientan como VIPs, en parte gracias a un sistema de revestimiento de malla exterior de Cambridge Architectural que le da sombra al edificio durante el día y refleja el resplandor de los focos de colores por la noche.

Combinando la impresionante estética y la funcionalidad crucial, la solución Cambridge elimina el problema de renunciar a la estética para el rendimiento. El proyecto consiste en 6 paneles de maya metálica, de patrón Scale, colocados dos en esquina apuntando hacia el Noroeste, y los cuatro restantes colocados de forma recta apuntando hacia el Oeste. Ver Figuras 5-30 y 5-31.

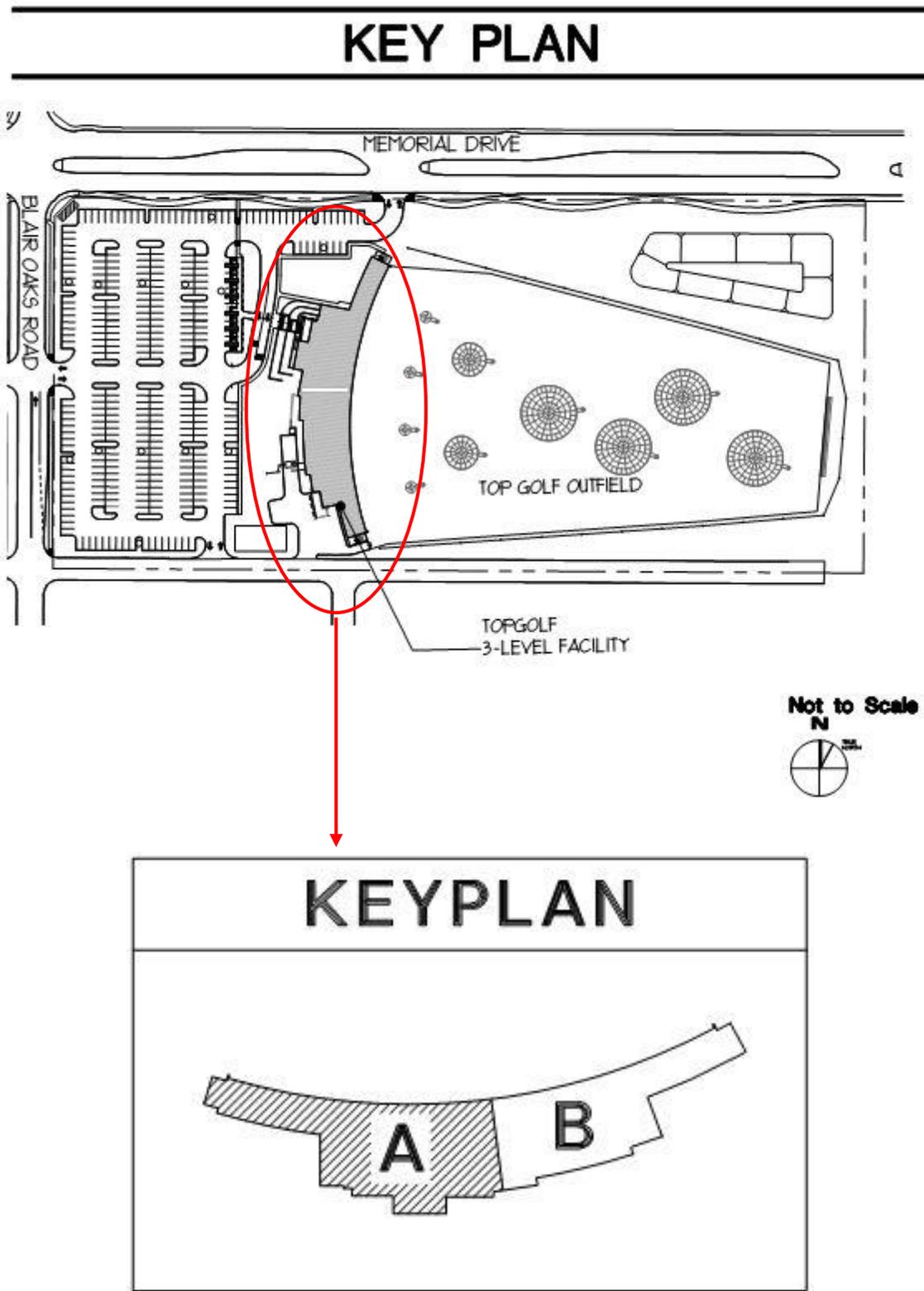


Figura 5-30: Planta general del proyecto

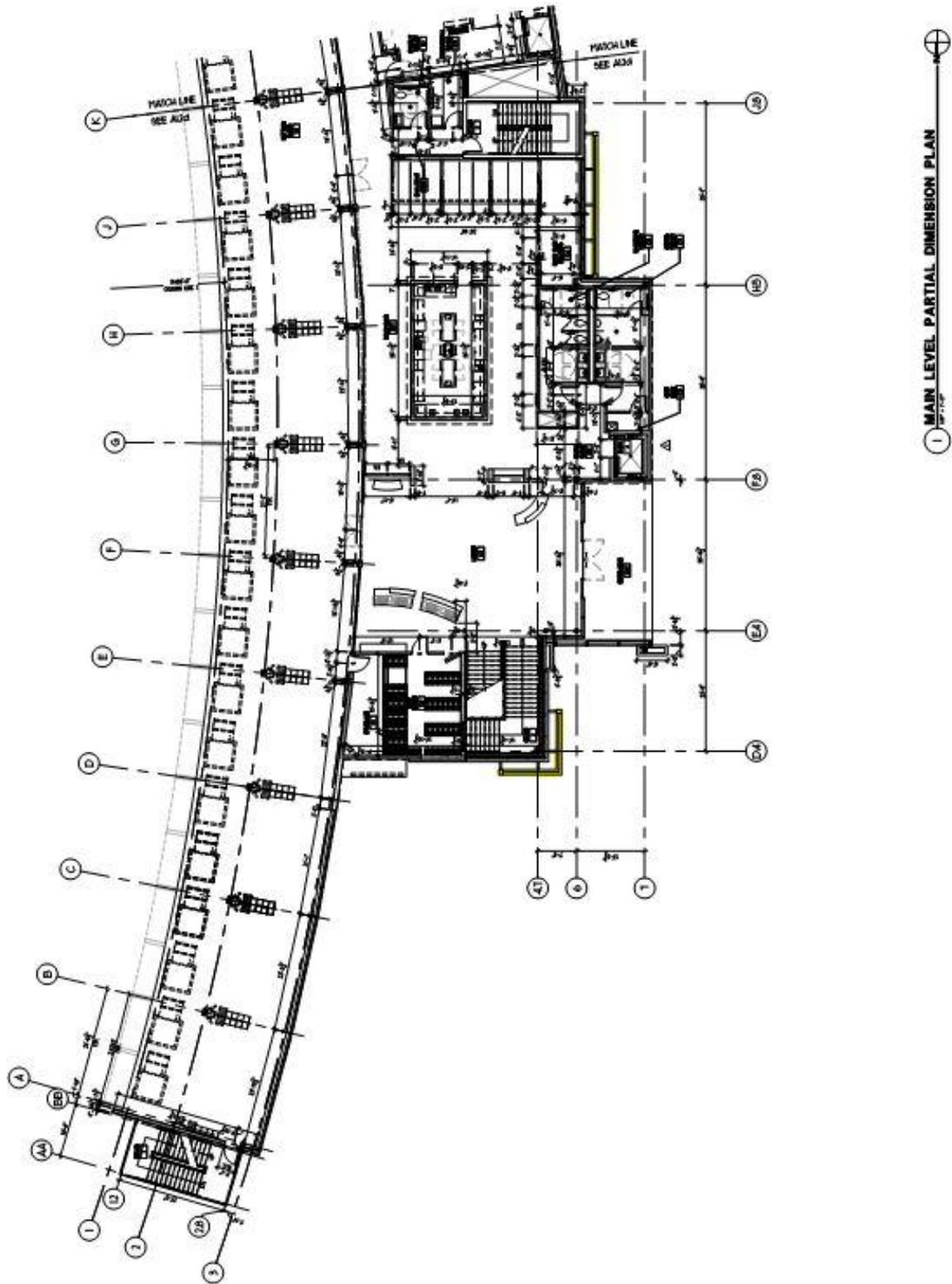


Figura 5-31: Planta arquitectónica de proyecto. Las áreas resaltadas muestran la ubicación de los paneles de malla metálica.

La planilla técnica recibida para la creación del modelo BIM de este proyecto consiste en lo siguiente:

<u>BUILDING CODES / PE APPROVAL:</u>	
THE ATTACHMENT LAYOUT IS BASED ON PRELIMINARY CALCULATIONS FOR THE BUILDING CODES PROVIDED.	
MESH AND ATTACHMENT SYSTEM IS DESIGNED TO WITHSTAND WIND AND ICE LOADING.	
A SET OF DRAWINGS ARE BEING SENT TO OUR PROFESSIONAL ENGINEER, FOR APPROVAL	
<u>UNTIL WE RECEIVE PE APPROVAL, WE SHOULD NOT LAYOUT OR DRILL ANY MOUNTING HOLES FOR THE ATTACHMENTS.</u>	
THE BUILDING CODE THAT WE ARE USING FOR THIS PROJECT IS: INTERNATIONAL BUILDING CODE 2006	
WIND LOADS: SEE APPROVED CALCS FOR BUILDING LOADING	
SUMMER WIND SPEED (3 SEC GUST MPH)	90
WINTER WIND SPEED (3 SEC GUST MPH)	40
WINTER ICE BASIC THICKNESS (IN)	0.75
EXPOSURE CATEGORY	C
IMPORTANCE FACTOR	1.00
MAXIMUM PANEL HEIGHT ABOVE GRADE (FT)	50
MESH ACTING AS FALL PROTECTION	NO
LOADING INFORMATION:	
PRE-LOAD (lbs/FT. WIDTH)	200
DEFLECTION (IN)	13.42
TOP VERTICAL (lbs/FT. WIDTH)	957
TOP HORIZONTAL (lbs/FT. WIDTH)	148
INTERMEDIATE HORIZONTAL (lbs/FT. WIDTH)	NA
BOTTOM VERTICAL (lbs/FT. WIDTH)	903
BOTTOM HORIZONTAL (lbs/FT. WIDTH)	148

Tabla 5-4: Planilla técnica de proyecto

En la misma se detallan especificaciones respecto a las características de la malla por un lado, y especificaciones a las cargas soportadas por ésta por otro lado. En cuanto a las características de la malla se especifica: la velocidad del viento en verano y en invierno, el espesor del hielo que se forma durante las heladas, correspondiente a 0,75 pulgadas – 1,905 cm – la categoría de exposición, factor de importancia y altura máxima del panel, correspondiente a 50ft – 15,25 m – y también hace mención respecto a si la malla actuará como protección contra caídas o no – en este caso no lo

hará. En cuanto a la información de cargas, se especifica para cada malla la pre-carga del cable, la deflexión de la malla, la reacción vertical y horizontal en cada fijación tanto superior como inferior. En este caso no se ha recibido información respecto a la distancia mínima que debe haber entre el borde de malla y los soportes de fijación, ni de la distancia entre los mismos.

Como se mencionó anteriormente, el proyecto consistirá en 6 paneles en total. Dos colocados en esquina, cubriendo un gran ventanal a un costado de la entrada del edificio, y los otros cuatro restantes colocados uno al lado del otro formando un gran marco metálico de 4 paneles. Para optimizar la producción se buscó que los paneles sean lo más similares posible en cuanto a sus dimensiones. Finalmente, por cuestiones de instalación, de abertura de malla, y de limitaciones estructurales se obtuvieron las siguientes dimensiones:

PANEL DIMENSIONS				
PANEL NAME	QTY	"B" WIDTH	"A" HEIGHT	MESH TYPE
N1	1	125.00"	330.00"	SCALE
NW 1	1	132.00"	330.00"	SCALE
W1-L	1	75.00"	118.50"	SCALE
W1-R	1	75.00"	118.50"	SCALE
W2	1	82.00"	118.50"	SCALE
W2	1	82.00"	118.50"	SCALE
6				

Tabla 5-5: Dimensiones de los paneles metálicos

En la tabla se puede observar que los paneles en esquina tienen la misma altura (330" equivalente a 8,4m) pero difieren en ancho. Esto es debido a las dimensiones del ventanal. En cuanto a los paneles colocados en la cara Oeste de la fachada, se puede observar que todos ellos poseen la misma altura (118,50" equivalente a 3m), pero que los dos paneles de los extremos tienen un cierto ancho (75" igual a 1,90m), y los dos paneles centrales tienen otro ancho (82" igual a 2,10m).

El sistema fijación utilizado para este proyecto es el sistema Eyebolt. Este sistema es una variante de los sistemas de fijación por tensión. Una de las diferencias que tiene este sistema con respecto al sistema estándar Eclipse, es que la malla no queda anclada a un tubo de acero inoxidable por medio de aberturas que el mismo posee, sino que la malla es atravesada por una varilla, la cual a su vez atraviesa los pernos Eyebolt. Estos pernos se agarran a la estructura de sujeción existente quedando el sistema fijado y en tensión. El sistema Eyebolt es un sistema de montaje de malla menos elegante pero de más bajo costo. Se ofrece en dos versiones: estándar y de alta resistencia. Para Top Golf Colony se utilizó el sistema estándar. Ver Figura 5-32.

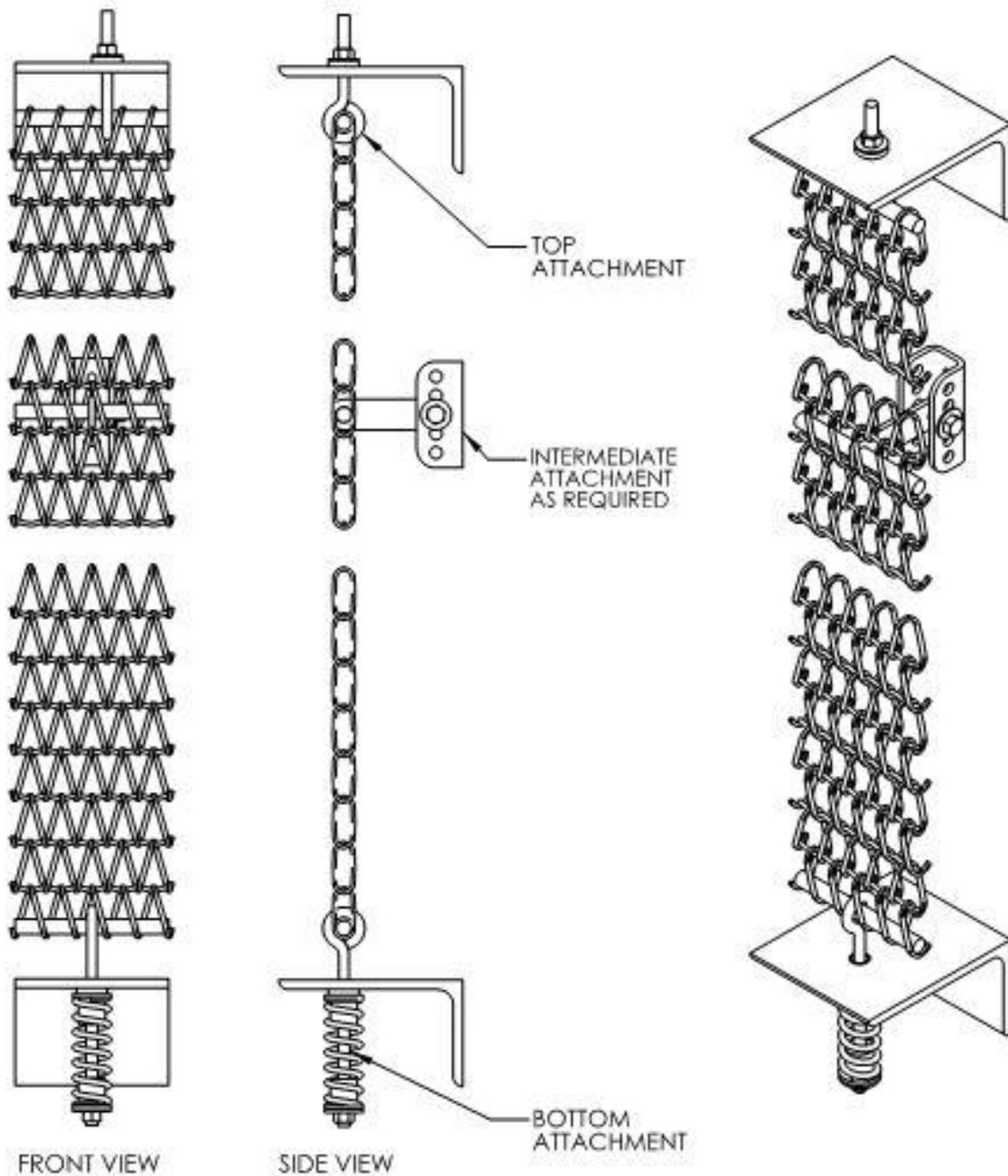
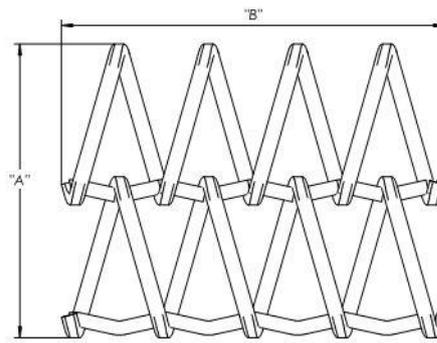


Figura 5-32: Sistema de fijación Eyebolt Estándar

Dentro de los componentes de este sistema de fijación se tiene:

- Malla: Dentro de los patrones de malla compatibles con este sistema se tienen: Balance, Braid, Cubist, Matte, Mid-balance, Pellican, Scale, Shade, Stripe, entre otros. Como se mencionó previamente, para este proyecto se utilizó el tipo de malla Scale. Ver Figura 5-33.



SCALE MESH
OPEN AREA: 62%
WEIGHT: 1.94 LBS/SQ. FT
MATERIAL: T-316 STAINLESS STEEL

Figura 5-33: Detalle de la malla Scale, obtenido del modelo BIM

- Perno superior Eyebolt: Reemplazaría al Bracket superior del sistema Eclipse. El mismo es el encargado de sostener a la malla en su extremo superior por medio de una varilla que lo atraviesa y queda sostenida en el ojo del perno. Éste a su vez se fija a la estructura de sujeción superior existente de forma roscada.
- Perno inferior Eyebolt: Reemplazaría al Bracket inferior del sistema Eclipse. Es el encargado de sostener a la malla en su extremo inferior por medio de una varilla que lo atraviesa y queda sostenida en el ojo del perno. Éste a su vez se fija a la estructura de sujeción inferior existente de forma roscada. Este perno contiene un resorte que permite el ajuste de la fijación en función de la longitud de la malla. Es importante considerar que se debe dejar un espacio mínimo entre la estructura y la malla para manipuleo e instalación del sistema.
- Brackets intermedios: Similares a los del sistema Eclipse, permiten mantener a la malla en una posición fija sin que ésta presente deflexiones.

El sistema Eyebolt utiliza la tensión para mantener los paneles de malla Scale en su lugar, los cuales acentúan el exterior del edificio y reflejan el duro sol de Texas que pega sobre las pieles de vidrio que forman una esquina en el edificio del TopGolf. El material de malla y de los pernos de fijación es de acero inoxidable, por lo que es ideal para su uso al aire libre. El área abierta de la malla metálica tejida permite una protección solar óptima, manteniendo la vista abierta intacta para los clientes dentro del edificio y proporcionando una superficie reflectante hermosa para la iluminación LED multicolor colocada en vigas contra la malla.

La estructura de interés para el modelo, fue la estructura metálica sobre la que se fijaron las mallas. Para los seis paneles, fue necesario anexar una estructura metálica exterior, ya que el diseño original del edificio no presentaba ningún componente apto para la instalación. Esta estructura metálica anexa fue montada por el dueño de la obra y fijada al hormigón del diseño original. La misma consiste en:

-Para los paneles colocados en esquina apuntando hacia el Noroeste:

Se armó un marco metálico paralelo a la estructura del edificio con perfiles rectangulares HSS de 8"x8"x1/4" los cuales se sujetaron al hormigón por medio de perfiles rectangulares HSS de 4"x4"x1/4" colocados de manera perpendicular al marco.

La estructura de soporte propia de los paneles metálicos, se soldó a este marco, y consistió en:

- Estructura superior: Un perfil L de 3½"x2½"x¼" colocado de manera alineada con la cara trasera del perfil rectangular. Los pernos Eyebolt fueron roscados a este perfil. A su vez, se colocó otro perfil L de las mismas dimensiones que el anterior, alineado con la cara frontal del perfil rectangular HSS, para que oculte no sólo los pernos, sino también las luminarias LED, dándole una cierta estética a la instalación.
- Estructura inferior: Un perfil L de 3½"x2½"x¼" colocado de manera alineada con la cara trasera del perfil rectangular. Los pernos Eyebolt fueron roscados a este perfil, quedando el resorte de ajuste oculto dentro del perfil HSS. A su vez, se colocó otro perfil L de las mismas dimensiones que el anterior, alineado con la cara frontal del perfil rectangular HSS, para que oculte tanto los pernos como también las luminarias LED, dándole una cierta estética a la instalación.
- Estructura lateral: Se colocó un perfil L de 3½"x2½"x¼" a uno de los laterales de cada panel (para el panel que apunta al Norte se colocó el perfil ángulo en su lateral izquierdo, y para el panel que apunta hacia el Oeste se colocó el perfil ángulo en su lateral derecho, quedando la unión de ambos paneles a la vista). Estos perfiles fueron soldados a los perfiles rectangulares del marco metálico, y su funcionalidad no fue sostener el sistema, sino que con esto se buscó ocultar los laterales de la malla para brindarle una mayor estética a la fachada del complejo.

-Para los paneles colocados en forma recta apuntando hacia el Oeste:

Al igual que para los otros dos paneles, se armó un marco metálico rectangular paralelo a la estructura del edificio con perfiles rectangulares HSS de 8"x8"x¼" los cuales se sujetaron al hormigón por medio de perfiles rectangulares HSS de 4"x4"x¼" colocados de manera perpendicular al marco. La diferencia fue que en este caso, los pernos Eyebolt se roscaron directamente a los perfiles rectangulares del marco tanto en el extremo superior como en el inferior. Debido a que estos paneles no llevan luminarias LED, no fue necesario la colocación de los perfiles ángulos para que las oculten. De todas maneras, a los laterales interiores del marco metálico, sí fueron colocados dos perfiles L de 3½"x2½"x¼" para que oculten los bordes de la malla y así lograr una cierta elegancia y prolijidad sobre la cara Oeste del edificio.

Una de las ventajas de este proyecto, fue la naturaleza de la estructura de soporte de los paneles, ya que fue creada exclusivamente para el montaje de éstos, lo que permitía adaptarla según el tamaño de los paneles, siempre dentro de ciertos límites considerables.

A continuación se muestran plantas y elevaciones obtenidas del modelo BIM que permitirán entender mejor el proyecto. Ver Figuras 5-34 a 5-40.

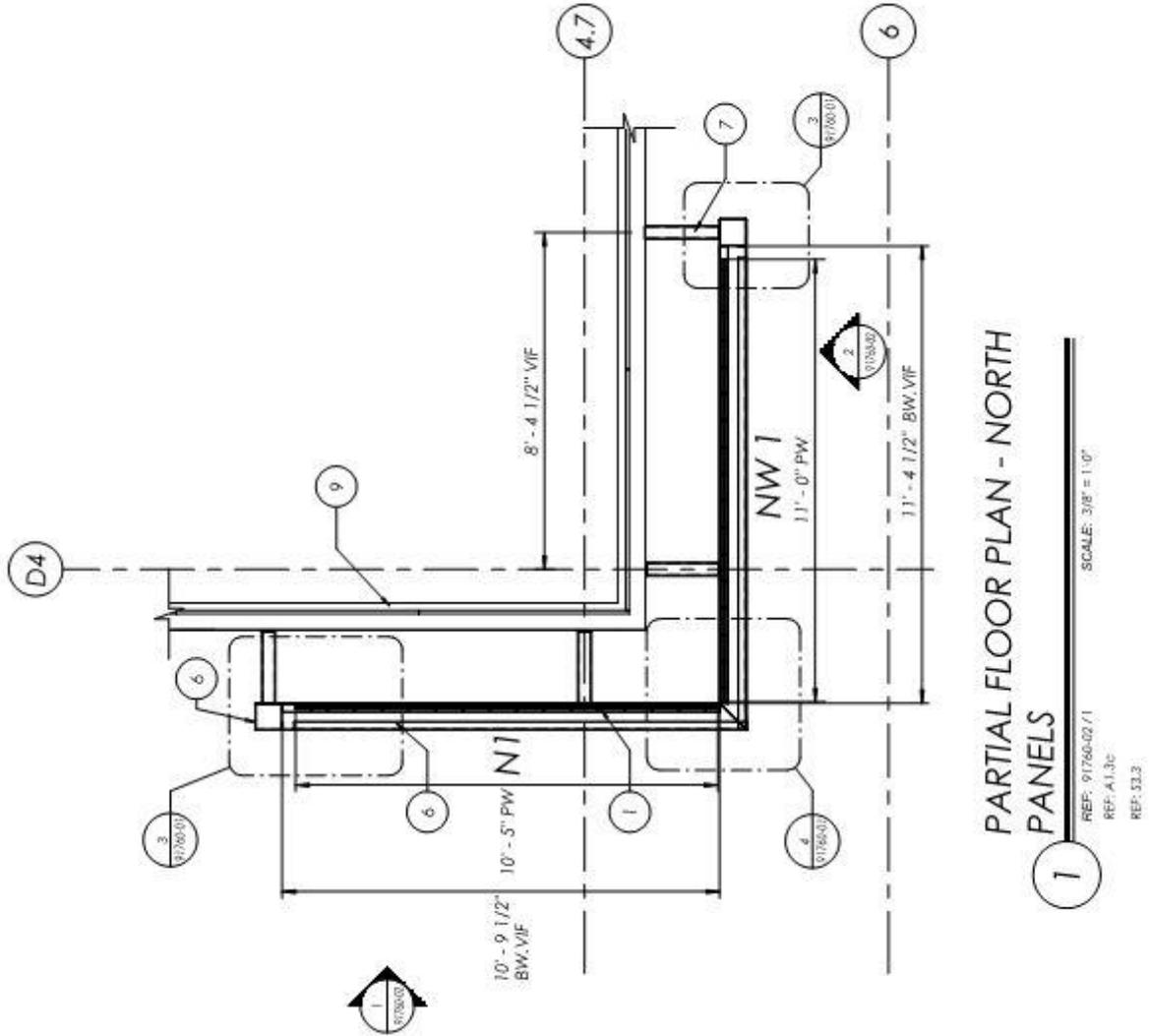


Figura 5-34: Planta de instalación de los paneles en esquina

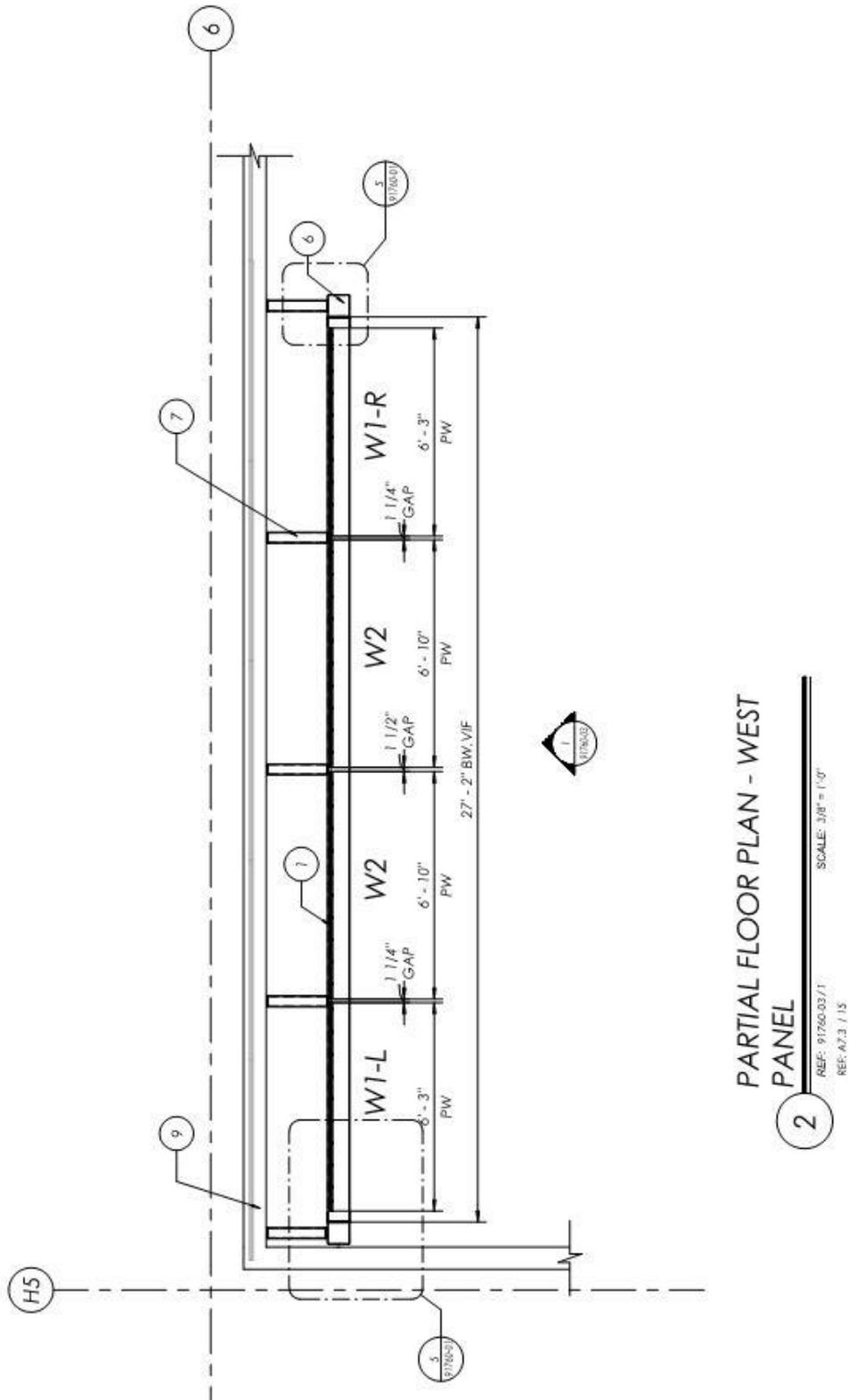


Figura 5-35: Planta de instalación de los paneles de la cara Oeste del edificio

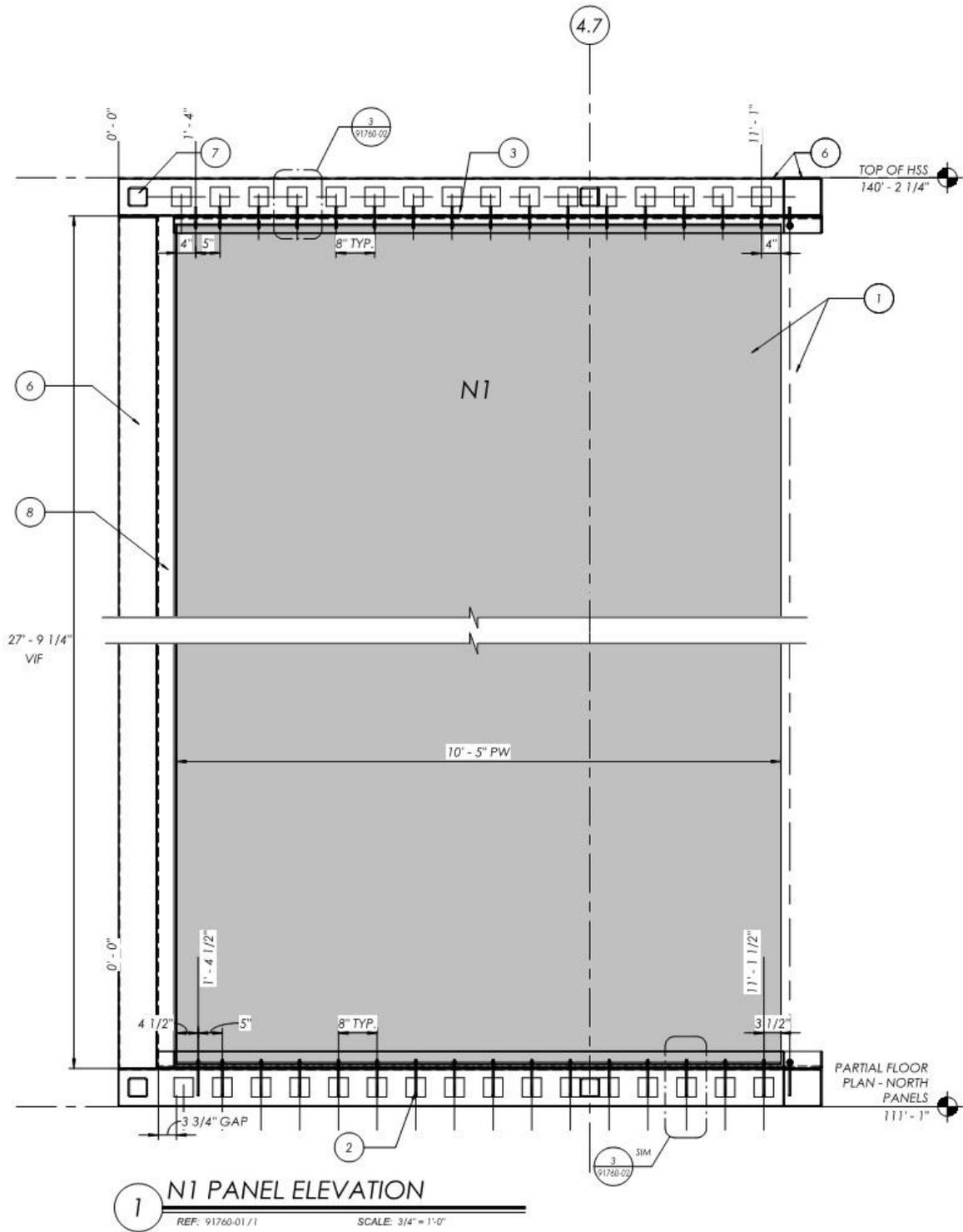


Figura 5-36: Elevación del panel orientado hacia el Norte

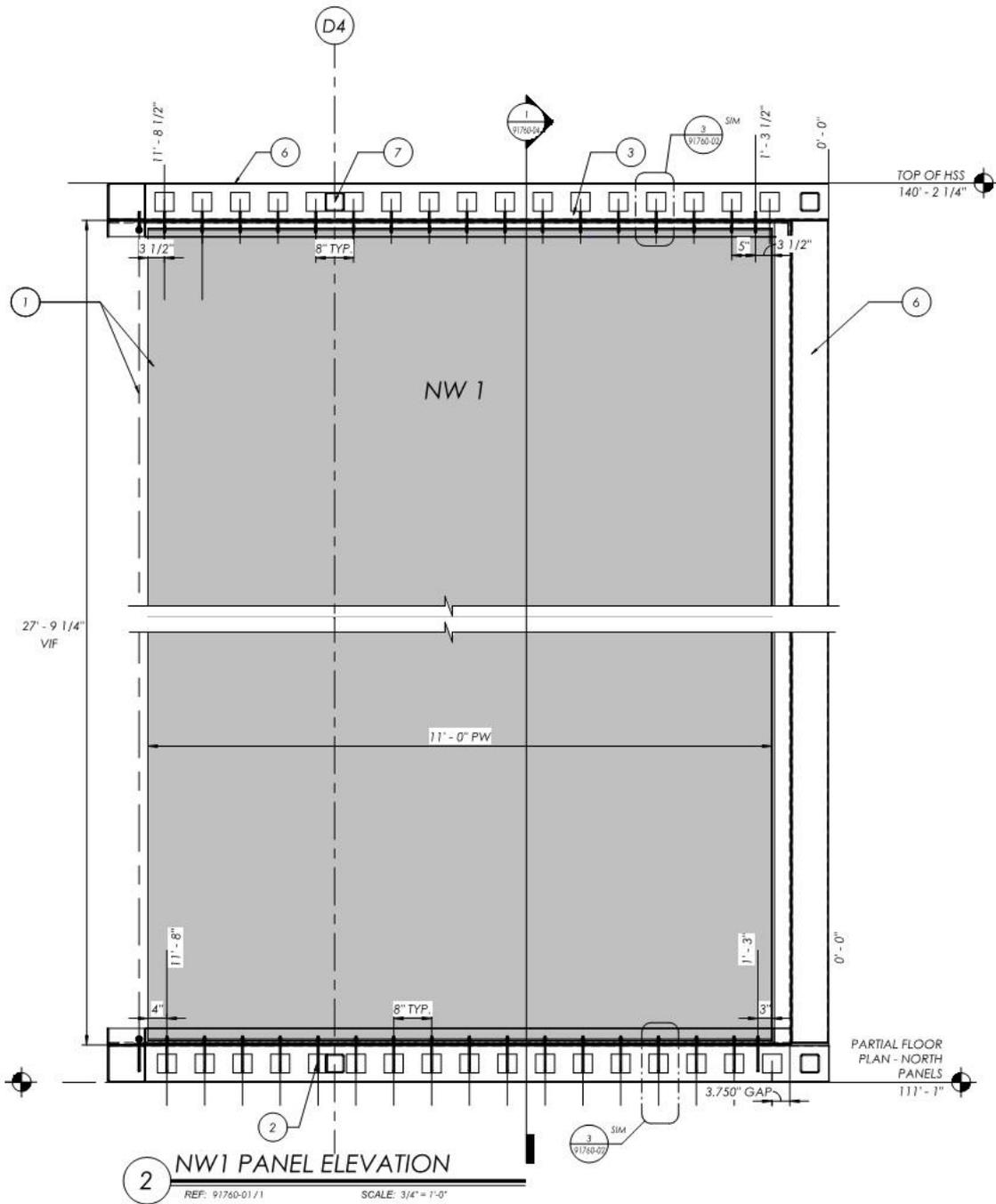


Figura 5-37: Elevación del panel orientado hacia el Noroeste

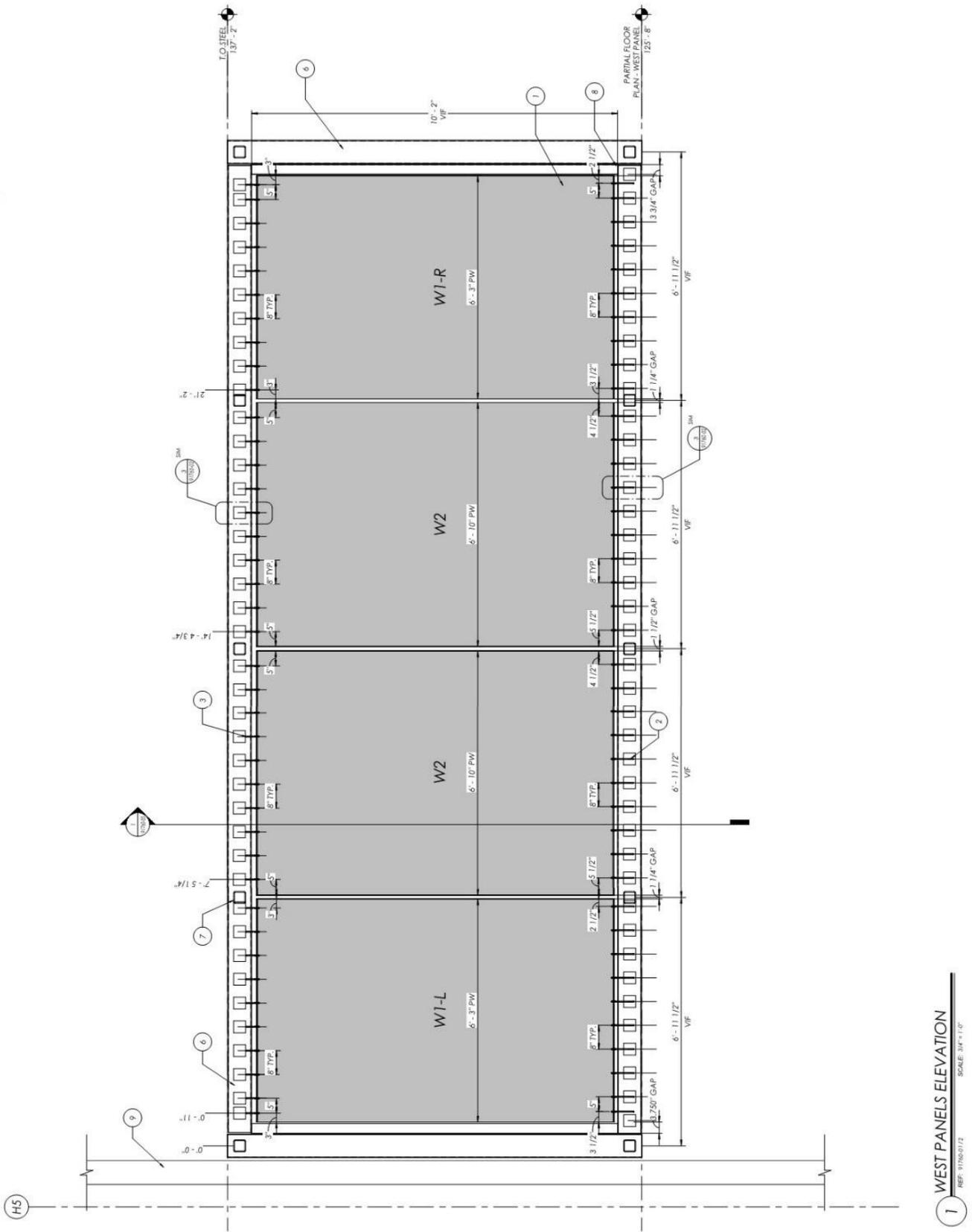


Figura 5-38: Elevación de los paneles orientados hacia el Oeste

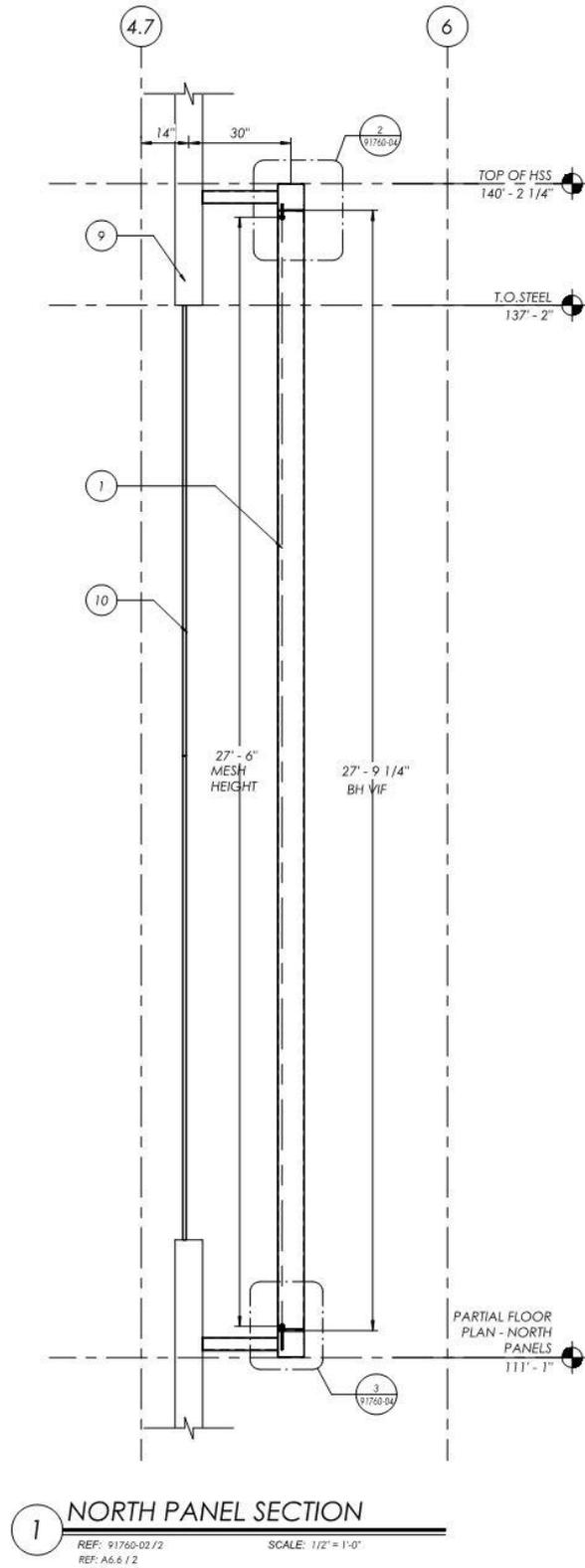


Figura 5-39: Sección de los paneles orientados hacia el norte. En el mismo se puede observar la estructura de sujeción y los perfiles ángulos colocados delante y detrás de la malla metálica

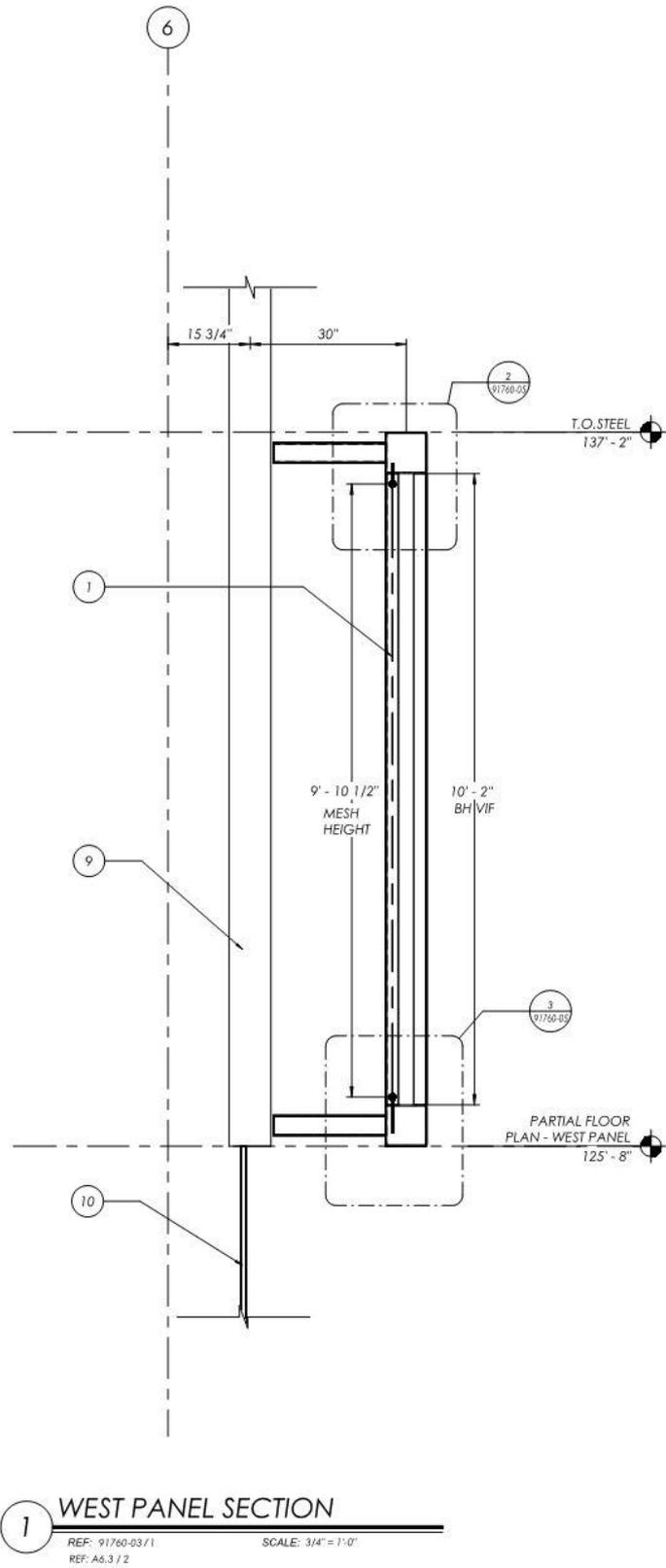


Figura 5-40: Sección de los paneles orientados hacia el Oeste. Aquí se puede observar el marco estructural de soporte de los paneles metálicos

Uno de los puntos a tener en cuenta en este proyecto fue la instalación del artefacto lumínico. Éste debía ser colocado junto con la malla metálica, sobre el perfil rectangular del marco metálico. El modelo BIM ayudó a confirmar las dimensiones de este perfil, asegurando el espacio suficiente para ambas instalaciones, la de la malla y la del artefacto luminoso. Para ello se modeló la luminaria, siguiendo las especificaciones de catálogo del proveedor, lo que aseguró trabajar con las dimensiones reales del artefacto. Surgieron inconvenientes con respecto a la ubicación de los pernos de la malla por la existencia de la luminaria, ya que éstos colisionaban. Este conflicto pudo ser resuelto con anticipación sin necesidad de llevar este problema al campo.

Otro punto de consideración en el proceso de producción fueron las características de la malla Scale. Por un lado, debido a su tejido, los pernos Eyebolt inferiores quedan colocados de manera desfasada con respecto a los pernos superiores. Y por otro lado, debido a su abertura ($x=1''$ e $y=1\frac{1}{2}''$) la malla no puede ser cortada en cualquier punto, sino que tanto el ancho como el largo de la malla deben ser múltiplos de estas medidas, según corresponda. Estos puntos debieron ser tenidos en cuenta a la hora de definir las dimensiones de la malla. También influyó en la modificación de la ubicación de los pernos por la existencia de la luminaria, ya que los pernos superiores no tendrían la misma ubicación que los inferiores.

Las aplicaciones Cambridge combinan la superior estética con un rendimiento de alta calidad, eliminando la necesidad de materiales adicionales. Además, los paneles de tela metálica de Cambridge fueron diseñados específicamente para adaptarse a espacios abiertos de la estructura, lo que garantiza una instalación correcta y libre de restricciones.

El sistema de fachada de malla de acero inoxidable de Cambridge contribuye a la excitante instalación de TopGolf, resistiendo muy bien el entorno natural y los factores climáticos, lo que trae como consecuencia, el mantenimiento de su original aspecto durante muchos años por venir.

A continuación se muestran una serie de imágenes con el sistema de fachada instalado en el complejo Top Golf Colony.



Figura 5-41: Imagen exterior de los paneles instalados en esquina



Figura 5-42: En esta imagen se puede observar el prolijo encuentro entre ambas mallas generando una sensación de continuidad de los paneles



Figura 5-43: Aquí se puede observar en detalle la instalación del sistema Eyebolt. Es posible notar cómo los pernos se unen a la malla a través de una varilla que los atraviesa



Figura 5-44: Imagen tomada desde el interior del edificio, en la cual se puede notar que la malla actúa como protectora del interior del edificio contra el resplandor solar, sin afectar la visual de los clientes



Figura 5-45: Imagen nocturna de los paneles en esquina iluminados por el artefacto instalado en el marco metálico. En esta imagen se puede apreciar la sensación de elegancia que le da el sistema de paneles iluminados a la fachada del complejo

6.4 CONCLUSIÓN DE LAS ETAPAS DE PROYECTOS

Durante el transcurso de la Práctica Profesional Supervisada, se tuvo la oportunidad de participar en estos proyectos, entre otros. La etapa inicial de los mismos fue finalizada. Se hizo una primera entrega de lo solicitado por el cliente, presentando plantas, elevaciones, secciones, y detalles (éstos últimos no se muestran en este informe por una cuestión de confidencialidad con el cliente) de la instalación de los paneles, obtenidas del modelo BIM desarrollado en las oficinas de ENGworks. El paso siguiente a esto será el análisis por parte del cliente de lo entregado, la devolución con las consiguientes correcciones, y una vez aprobada la entrega, estos planos serán llevados a obra para llevar a cabo la instalación de los paneles.

7. CONCLUSIÓN FINAL DEL INFORME

En este informe técnico final se analizaron nuevas formas de trabajo relacionadas con las plataformas BIM. Se tuvo la oportunidad de trabajar en diferentes proyectos, y si bien todos apuntan a la instalación de paneles metálicos, cada proyecto es único y particular, gracias a la posibilidad que existe de adaptar el modelo a las necesidades específicas de cada caso.

El trabajo ha sido estructurado de manera tal que los temas y las figuras anexadas permitieron una mejor visión de los temas tratados.

En esta Práctica Supervisada pude aprender sobre las plataformas BIM y las posibilidades y alcances que éstas tienen. Cuánto uno puede mejorar la calidad de sus proyectos si aprende a manejar esta nueva herramienta y cómo crece, de manera positiva, la comunicación entre las partes intervinientes. Además, al tener la posibilidad de conocer bien los productos con los que Cambridge Architectural trabaja, se logró un proyecto de mayor calidad y un mejor entendimiento en los intercambios de información con el cliente, lo que llevó a un asesoramiento de nivel y profesionalismo.

Como cierre de este informe cabe destacar no sólo que se han cumplido los objetivos planteados al inicio de la Práctica Profesional Supervisada, sino que éstos han sido ampliamente superados. Gracias a la base técnica que me brindó la Universidad Nacional de Córdoba, he sido capaz de entender nuevas formas de trabajo que se me plantearon en esta Práctica Supervisada, diferentes a lo que se puede encontrar en un mercado local. A lo largo de esta práctica supervisada se trabajó directamente con un cliente de un país extranjero, permitiendo esto el conocimiento de nuevas metodologías de trabajo, diferentes a las que se acostumbran en nuestro país. Si bien no he tenido la posibilidad de ir a obra, he logrado encontrar la forma de aplicar nuevas herramientas de trabajo desde otro punto físico y esto ha sido gracias a los conocimientos que brinda la Facultad y la aptitudes que logré alcanzar al cursar mi carrera de grado en ella.

Por último, considero de gran importancia destacar lo positivas que resultan estas prácticas profesionales, ya que le brindan al estudiante, futuro profesional, la posibilidad de insertarse en el mercado de trabajo, teniendo la oportunidad de demostrar las habilidades y conocimientos adquiridos, y enfrentarse a desafíos que permitirán el continuo crecimiento profesional.

8. BIBLIOGRAFÍA

Willem Kymmell (2008). *Building Information Modeling – Planning and Managing Construction Projects with 4D CAD and Simulations.* The McGraw-Hill Companies

Paul Teicholz (2013). *BIM for Facility Managers.* John Wiley & Sons, Inc.

Autodesk Inc. (2014) - <http://www.autodesk.com> – Septiembre 2014

Wikipedia Inc. (2001) - <http://es.wikipedia.org>–Septiembre 2014

Dataedro (2013) - <http://www.dataedro.com> - Septiembre 2014

ArchDaily (2008-2014) - <http://www.archdaily.com/> - Octubre 2014

Cambridge Architectural (2001) - <http://cambridgearchitectural.com> – Noviembre 2014