

Telescopio San Pedro Mártir



Reporte del Diseño Conceptual

REVISION 0

Preparado para:

**Instituto de Astronomía
Universidad Autónoma de México**



26 febrero de 2014

Ing. Vicente Bringas
Centro de Ingeniería y Desarrollo Industrial
Pie de la Cuesta No. 702, Col. San Pablo, C.P. 76130
Santiago de Querétaro, Querétaro

Asunto: Reporte del Diseño Conceptual
Telescopio San Pedro Mártir
Proyecto M3-PN137007

Estimado Sr. Bringas:

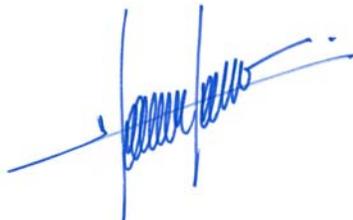
M3 Mexicana (M3) se complace en presentar los entregables del Diseño Conceptual para su Proyecto del Telescopio San Pedro Mártir (TSPM). M3 proporcionó previamente un informe de factibilidad del proyecto, el 4 de Septiembre del 2013 para el TSPM. Los resultados presentados en este reporte constituyen un 5% de avance en el nivel del diseño desde el Reporte de factibilidad del proyecto. Después de presentar el informe de factibilidad del proyecto, M3 y el UNAM-CIDESI sostuvieron una reunión en el Instituto de Astronomía de la Universidad Autónoma de México, el 13 de Diciembre del 2013. Esta reunión fue muy fructífera, y las decisiones que se tomaron fueron la base de diseño para los entregables presentados en este informe.

El reporte del diseño conceptual incluye lo siguiente:

- Condiciones del sitio y códigos de construcción utilizados como base de diseño
- Filosofía de Diseño y requerimientos del avance del diseño
- Plano de la cumbre
- Análisis estructural del pilote del telescopio y diseño de acero de la cúpula
- Edificio de Apoyo y planos del piso del Recinto, secciones, y vistas en 3D.
- Sistema de control térmico y de ventilación de la cúpula
- Mecanismos del recinto
- Comparación de costos con el reporte de factibilidad del proyecto
- Logística de construcción y valoración de riesgos críticos

Agradecemos la oportunidad de servirle. M3 se complace en seguir trabajando en este proyecto, en ambas fases por venir de diseño y construcción. No dude en llamarnos si tiene alguna duda o comentario.

Sinceramente,



José Terán, AIA
Gerente de Proyecto

TABLA DE CONTENIDO

<u>SECCIÓN</u>	<u>TÍTULO</u>	<u>PÁGINA</u>
	TABLA DE CONTENIDO	I
1	ALCANCE DE TRABAJO	1
2	RESUMEN DEL TELESCOPIO SAN PEDRO MARTIR	1
	2.1 Ubicación.....	1
	2.2 Condiciones del Sitio.....	3
	2.3 Códigos de Construcción	4
3	DISEÑO CONCEPTUAL	5
	3.1 Requisitos de Guía para el Diseño.....	5
	3.2 Plano del Sitio	6
	3.3 Pilote del Telescopio	7
	3.4 Diseño de Acero del Recinto.....	10
	3.5 Edificio de Apoyo.....	14
	3.6 Recinto y Base del Recinto	21
	3.7 Vistas en 3D.....	27
	3.8 Sistema de Control Térmico del Recinto	29
	3.9 Ventilación del Recinto.....	33
	3.10 Mecanismos	34
4	COMPARACIÓN DE COSTOS Y PROGRAMA	45
	4.1 Comparación de Costos.....	45
	4.2 Comparación de Programa	46
5	LOGISTICA DE CONSTRUCCIÓN.....	47
	5.1 Construcción en San Pedro Mártir	47
	5.2 Valoración del Riesgo Crítico	47
	5.3 Fase de Pre-Construcción.....	48
	5.4 Fase de Construcción.....	48
6	APÉNDICES.....	50
	6.1 M3 Engineering 6.5M Mirror Coating System ROM	51
	6.2 System Sizing Summary for Dome.....	57
	6.3 Carrier Product Data for 42BHE Airstream Fan-Coil Unit	60
	6.4 Ventilation Door – Insulated Coiling Roll-Up Steel Doors.....	65

1 ALCANCE DE TRABAJO

El Instituto de Astronomía de la Universidad Nacional Autónoma de México desarrollará un Telescopio de 6.5m de diámetro a ubicarse en el Observatorio Nacional Astronómico de San Pedro Mártir, Baja California, en el interior del Parque Nacional Sierra de San Pedro Mártir. El Telescopio y sus instalaciones serán similares a las del Observatorio Magallanes ubicado en Las Campanas, Chile. Basado en el Observatorio Magallanes y en otros requisitos funcionales específicos del proyecto, M3 ha suministrado un 5% de avance en el Diseño con este estudio de diseño conceptual para el Telescopio San Pedro Mártir (TSPM).

2 RESUMEN DEL TELESCOPIO SAN PEDRO MARTIR

2.1 UBICACIÓN

El TSPM se encontrará ubicado en el Parque Nacional Sierra de San Pedro Mártir en Baja California, México, en las coordenadas geográficas de latitud $31^{\circ} 02' 44.15''$ Norte, longitud $115^{\circ} 28' 09.76''$ Oeste. Tiene una elevación media en el sitio de 2,830 msnm, a unos 65 km de las costas del Océano Pacífico en el Oeste y a 55 km del Mar de Cortez (Golfo de California) al Este. El terreno se levanta suavemente desde el Norte, Oeste y Sur, con un picacho que se eleva a más de 2,000 m del desierto en el Este. El punto más alto del área, y de hecho en Baja California, es el Picacho del Diablo (3,095 m), que está aproximadamente a 6 km al sureste de este observatorio. El área se ubica al interior de un bosque de pinos y recibe más precipitación que otros sitios candidatos a TMT (telescopios de 30 metros), sin embargo, la mayor parte de ésta viene en un número de fuertes eventos con tiempo intermedio despejado. La localidad más cercana es Ensenada (300,000 habitantes) a 4 horas de viaje (conduciendo) y a 140 km en línea recta de distancia. Los aeropuertos comerciales más cercanos están en Tijuana (a 220 km) y San Diego (250 km).

Existe un camino pavimentado que lleva hasta el observatorio, aproximadamente a 20 km desde la entrada del parque nacional.

En la Figura 2.1.1 se muestra la ubicación propuesta para el desarrollo del Telescopio SPM, así como la infraestructura asociada de los telescopios que actualmente operan en el área.

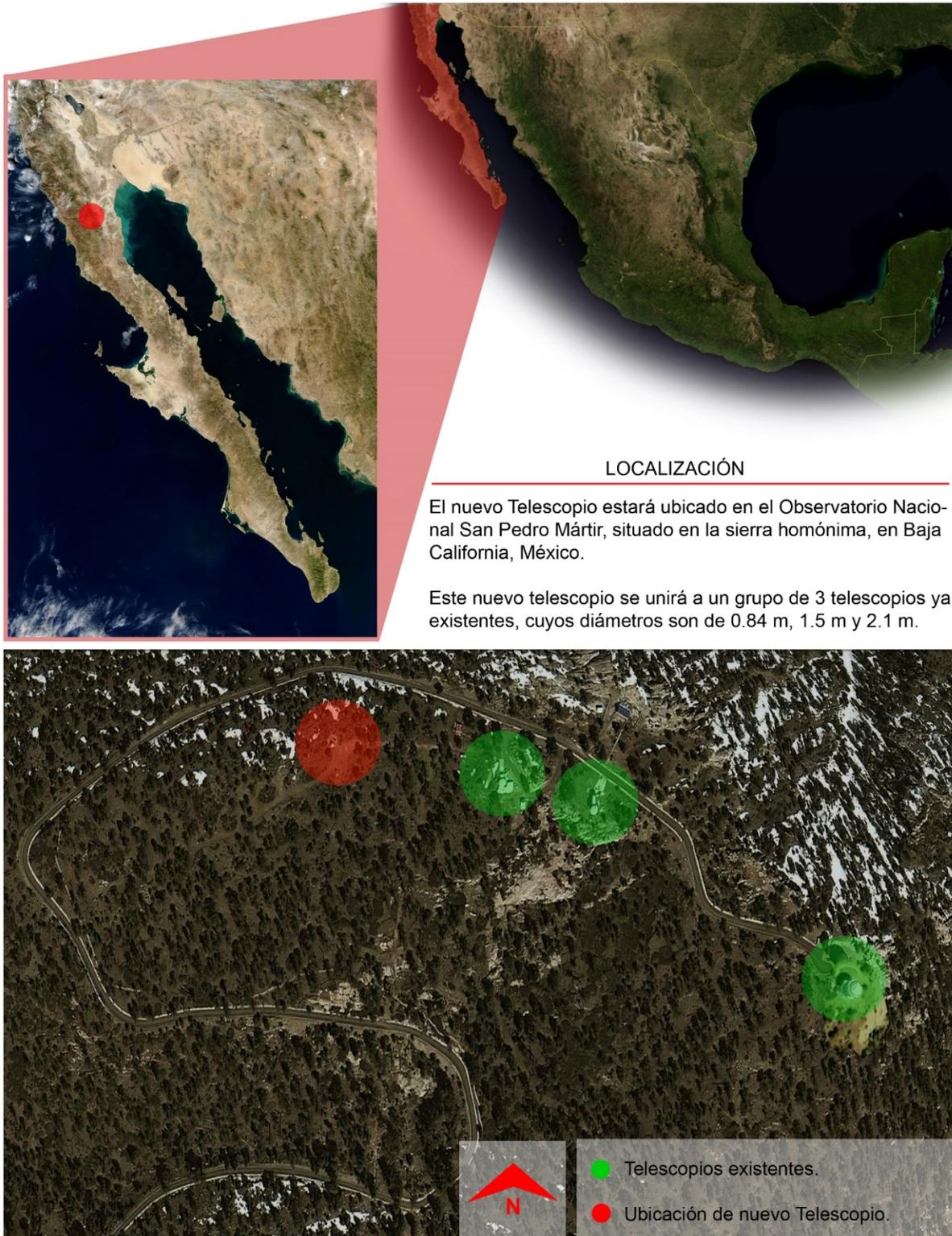


Figura 2.1.1 Ubicación del Proyecto

2.2 CONDICIONES DEL SITIO

San Pedro Mártir exhibe las siguientes características ambientales y geotécnicas. Adicionalmente, algunos datos se expresan en términos de condiciones de supervivencia y/o condiciones operativas, dado que independientemente de la condición ambiental (de supervivencia) en sitio, se requiere diseñar en base a la condición operativa limitante:

Condiciones Ambientales para el TSPM	
Elevación	2830m
Latitud; Longitud	31° 02' 40" N ; 115° 29'
Temperatura Media	-8°C
Presión Atmosférica	730 mbar (media); 710-740 mbar
Humedad Relativa	54% (media); <5% a 100%
Velocidad Media del Viento	8.5 m/s
Dirección Dominante del Viento	Suroeste a Noreste
Rango Máximo de Temperatura	-25°C a 35°C
Día-Noche Gradiente	6°C a 8°C
Rango de Temperatura de Operación	-15°C a +30°C
Humedad Relativa de Operación	<90%, o al punto de condensación
Velocidad del Viento de Operación	<45 km/h (98% del tiempo); 60 km/h (max)
Ráfagas de Operación	<65 km/h (95% del tiempo); 80 km/h (max)
Velocidad del Viento Máxima Registrada	120 km/h
Velocidad de Resistencia	175 km/h
Carga de Nieve	1500 mm
Carga de Hielo	100 mm
Precipitación Máxima de Lluvia	300 mm en 24 horas y 120 mm en 1 hora
Aceleraciones de Terremotos	Horizontal 0.4g; Vertical 0.2g (usar SDC-C)
	$S_S = 0.492g$
	$S_{DS} = 0.39g$
	$S_1 = 0.1414g$
	$S_{D1} = 0.15g$
	Sitio Clase C
Polvo	Polvo Suspendido Esporádico
Tormentas Eléctricas	Ocasional

2.3 CÓDIGOS DE CONSTRUCCIÓN

El Telescopio San Pedro Mártir (Baja California, México) deberá considerar en su diseño, los lineamientos aplicables de las siguientes referencias nacionales e internacionales:

- International Building Code, Edición 2006
- Occupational Safety and Health Administration (OSHA)
- International Plumbing Code
- International Mechanical Code
- National Fire Protection Association Codes and standards
- International Energy Conservation Code
- National Electrical Code
- Ley de Edificaciones del Estado de Baja California
- Instituto Mexicano del Seguro Social (IMSS)
- Secretaría del Trabajo y Previsión Social (STPS)
- Comisión Federal de Electricidad

3 DISEÑO CONCEPTUAL

3.1 REQUISITOS DE GUÍA PARA EL DISEÑO

Los siguientes requisitos guían el diseño general del TSPM

Telescopio y Recinto	
Elevación del Eje	12.0m sobre nivel
Observación del Nivel de Elevación	6.5m sobre nivel
Radio de Barrido del Telescopio	8.8m
Radio de Barrido del Telescopio (con holgura)	9.8m (1.0m de holgura)
Apertura de Barrido del Telescopio	6.5m
Apertura de Barrido del Telescopio (con holgura)	8.0m (0.75m de holgura de cada)
Diámetro del Espejo Primario del Telescopio	6.5m
Ángulos de Visión del Telescopio	18.0 grados del cenit
Rotación del Telescopio dentro del Recinto	Telescopio rotatorio independiente
Masa Giratoria del Telescopio	150 tons
Pilote del Telescopio	
Altura del Pilote Exterior	4.4m sobre nivel
Altura del Pilote Interior	5.2m sobre nivel
Diámetro del Pilote Exterior	10.4m
Diámetro del Pilote Interior	4.3m
Espesor del Pilote Exterior e Interior	0.9m

3.2 PLANO DEL SITIO



3.3 PILOTE DEL TELESCOPIO

El Pilote del Telescopio es una estructura cilíndrica de concreto que le da soporte al Telescopio vertical y lateralmente. El Pilote del Telescopio se compone de dos paredes concéntricas y una losa horizontal. La pared exterior proporciona soporte para las reacciones verticales del Telescopio a través de la Pista de Azimut y, la pared interior brinda soporte lateral al Telescopio en contra de las fuerzas Sísmicas. Además, el Pilote del Telescopio proporciona acceso a los cojinetes del Telescopio así como a la instrumentación y es una parte vital en el acceso para las operaciones de mantenimiento.

El modelo actual del Pilote del Telescopio ha sido obtenido utilizando el modelo por los Observatorios Magallanes como génesis de diseño, con variaciones para adaptar una elevación revisada y las dimensiones de planta del Telescopio de acuerdo con los requisitos de TSPM. Figura 3.3.1 para una representación fiel del Pilote del Telescopio.

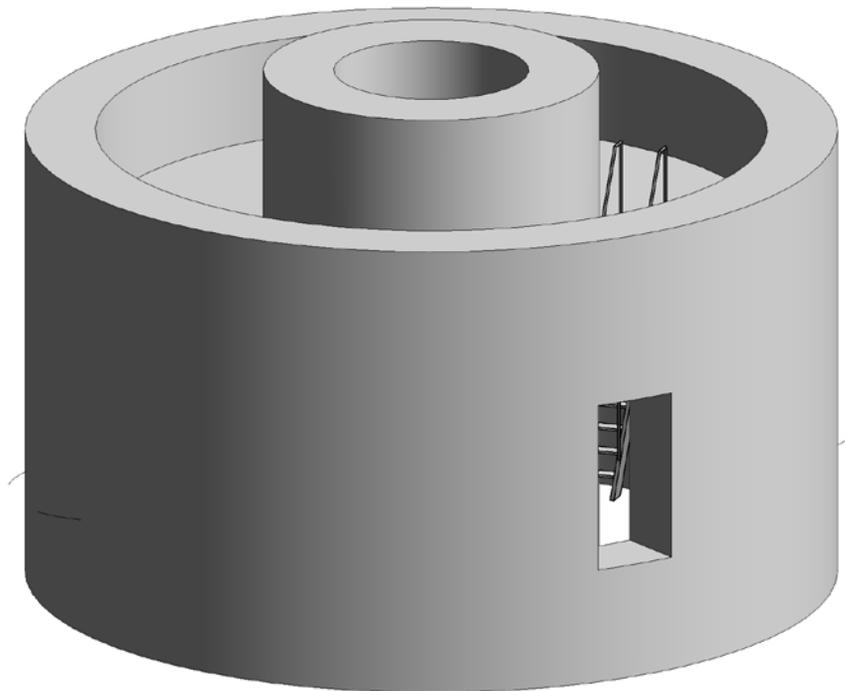


Figura 3.3.1 – Modelo Isométrico del Pilote del Telescopio.

El modelo del Pilote del Telescopio ha sido analizado en un modelo de elementos finitos volumétricos para determinar las frecuencias y modos dinámicos, incluyendo un par de resortes para representar la condición límite de la estructura del suelo y un conjunto de ocho barras de mayor -rigidez y menor-masa para representar el vínculo entre el Telescopio y Pilote. Estas barras tienen las liberaciones para transferir fuerzas a las paredes de concreto como se describe en las líneas arriba. Ver Figura 3.3.2 para el Modelo pictórico de Elementos Finitos utilizado.

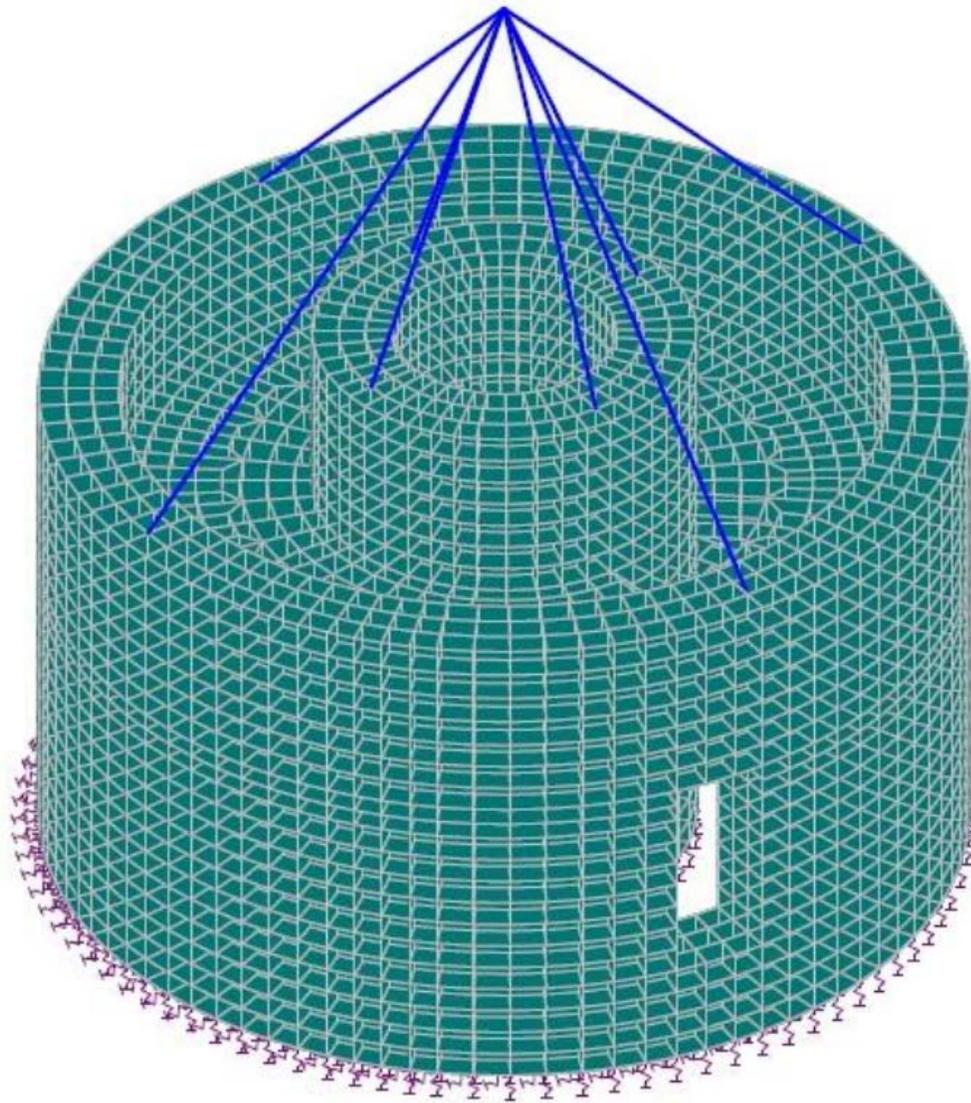


Figura 3.3.2 – Modelo del Pilote del Telescopio, Modelo Isométrico de Elementos Finitos

Dado que el reporte geotécnico del proyecto representa una zona de transición de alrededor de 3 metros, a un nivel conceptual de diseño se ha considerado prudente modelar la interacción de la estructura del suelo para dos módulos de valores de reacción de subrasante como un límite inferior y superior de casos. Las frecuencias obtenidas del análisis dinámico son presentadas en las Tablas 3.3.1 y 3.3.2. Estos valores caen dentro de las frecuencias esperadas para estructuras similares y como puede ser visto en los módulos de reacción subrasante tienen una influencia importante en las frecuencias. Asimismo, la rigidez y el momento de inercia de la masa del Telescopio tendrán influencia en el comportamiento dinámico del Pilote. Se espera incorporar estos valores conforme el diseño del Telescopio vaya avanzando en las siguientes etapas:

Tabla 3.3.1 Frecuencias para caso con Módulos de Reacción de Subrasante de 1000 MPa

Modo	Frecuencia (Hz)	Periodo (Sec)	Participación en Masa			Descripción de Modo
			SX	SY	SZ	
1	5.76	0.174	44.926		28.416	Oscilante sobre Z
2	5.78	0.173	28.45		45.129	Oscilante sobre X
3	11.403	0.088				
4	15.75	0.063	6.948		16.185	Oscilante Sobre X
5	15.953	0.063	16.65		6.909	Oscilante Sobre Z
6	16.408	0.061	0.012		0.205	
7	28.964	0.035	0.013		0.02	
8	29.621	0.034	1.292		1.293	
Totales:			98.3		98.157	

Notas:

Basado en módulos de elasticidad (E) de 1000 MPa y considerando que el exterior del pilote soporta fuerzas axiales (verticales), mientras que interior del pilote soporta las fuerzas radiales (horizontales). La parte inferior del pilote es considerado 3m por debajo de la rasante.

Tabla 3.3.2 Frecuencias para caso con Módulos de Reacción de Subrasante de 6000 MPa

Modo	Frecuencia (Hz)	Periodo (Sec)	Participación en Masa			Descripción de Modo
			SX	SY	SZ	
1	10.954	0.091	37.152		22.507	Rocking about Z
2	11.104	0.09	23.263		37.456	Rocking about X
3	23.552	0.042	7.995		17.659	
4	23.917	0.042	5.776		0.408	
5	24.163	0.041	14.985		11.209	
6	26.255	0.038	0.017		0.011	
7	46.065	0.022			0.025	
8	49.277	0.02	4.95		2.403	
Totales:			94.139		91.677	

Notas:

Basado en módulos de elasticidad de 6000 MPa (E) y considerando que el exterior del pilote soporta fuerzas axiales (verticales), mientras que el interior del pilote soporta las fuerzas radiales (horizontales). La parte inferior del pilote es considerado 3m por debajo del grado.

Actualmente, el radio de la masa del Pilote del Telescopio a la masa del Telescopio es de 4.9 a 1 lo cual nos indica que el Pilote es robusto en masa. Como el diseño progresa en las siguientes etapas, se efectuará un ajuste de las cantidades del material, incluyendo la rigidez

de los otros componentes tanto como frecuencia deseada y los modos dinámicos considerados de importancia.

3.4 DISEÑO DE ACERO DEL RECINTO

El Recinto y la Base del Recinto son diseñados utilizando una estructura de acero, siguiendo los mismos principios utilizados por los Observatorios Magallanes, con variaciones para adaptarlo a una elevación revisada, las dimensiones de planta del Telescopio de acuerdo con los requisitos de TSPM y, las formas de acero disponibles localmente para el proyecto. Ver Figura 3.4.1 para una representación en 3D del modelo de análisis estructural del Recinto y de la Base del Recinto. Además, la estructura ha sido actualizada para incorporar los requisitos del diseño del sitio TSPM tanto como los requerimiento del código del edificio nuevo, los cuales son más estrictos para esta estructura que los que se encuentran colocados sobre el diseño de Magallanes. Ver Figura 3.4.2 para una representación de las cargas en el piso del modelo de análisis estructural del Recinto y la Base del Recinto.

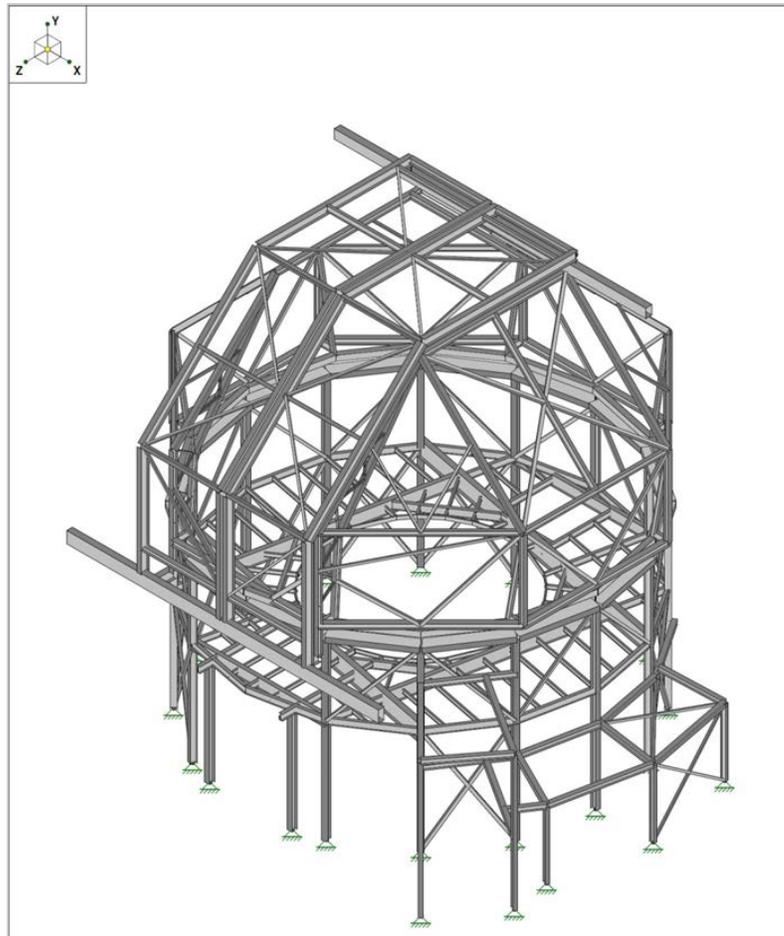


Figura 3.4.1 –Modelo Isométrico del Análisis Estructural del Recinto y Base del Recinto

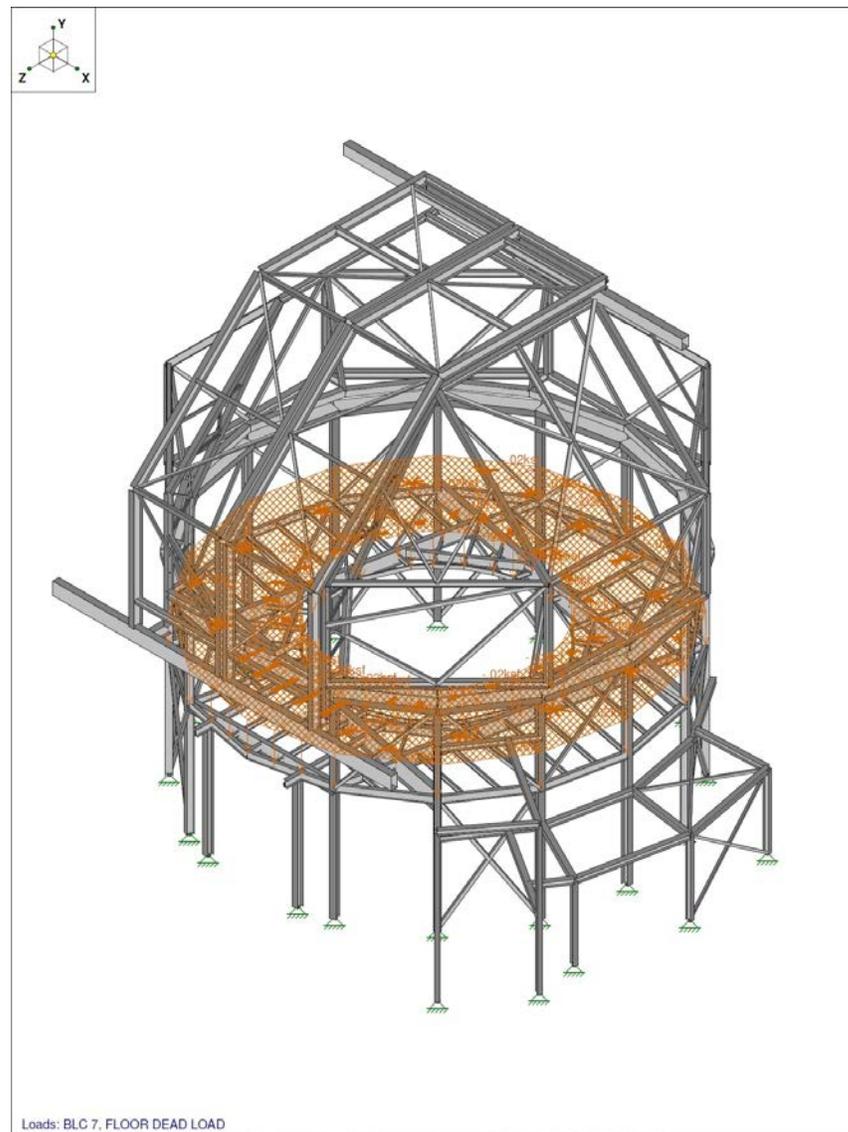


Figura 3.4.2 – Modelo Isométrico de Análisis Estructural del Recinto y de la Base del Recinto, mostrando cargas en el Piso de Observación.

El Recinto y su Base han sido analizados utilizando un modelo estructural tridimensional que incorpora toda la gravedad tanto como las cargas laterales descritas bajo la sección 2.2. Utilizando este modelo, las deformaciones así como esfuerzo máximo han sido comparadas a los permitidos por los códigos de construcción que gobiernan este proyecto. Ver Figuras 3.4.3 y 3.4.4

La Base del Recinto incorpora el uso de Marcos Estructurales Concéntricos Ordinarios, con un factor de modificación de respuesta sísmica R de 3.25 de acuerdo a ASCE 7-05. El Recinto sigue una filosofía detallada similar para resistir las cargas laterales impuestas por vientos y condiciones sísmicas. Este sistema de resistencia de fuerza lateral es considerado

apropiado para este proyecto, sin embargo, si un nivel más bajo de riesgo sísmico es requerido, entonces un valor R más bajo será necesitado mientras se mantiene el diseño dúctil como se requiere para alta resistencia sísmica.

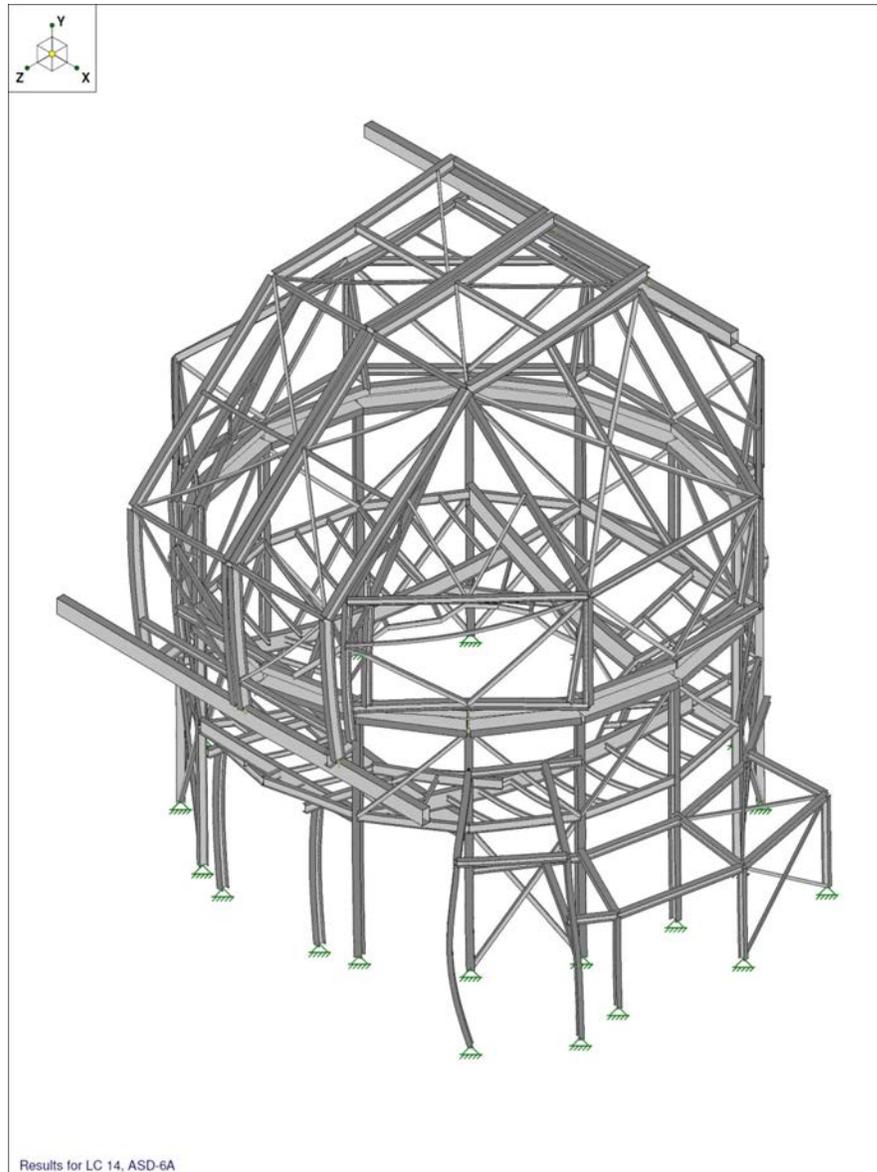


Figura 3.4.3 – Modelo del Recinto y su Base, Deformación bajo Combinación de Carga “Cargas Muertas+.75 Viento+.75 Cargas Vivas+.75 Nieve”. (Magnificada a factor de 20)

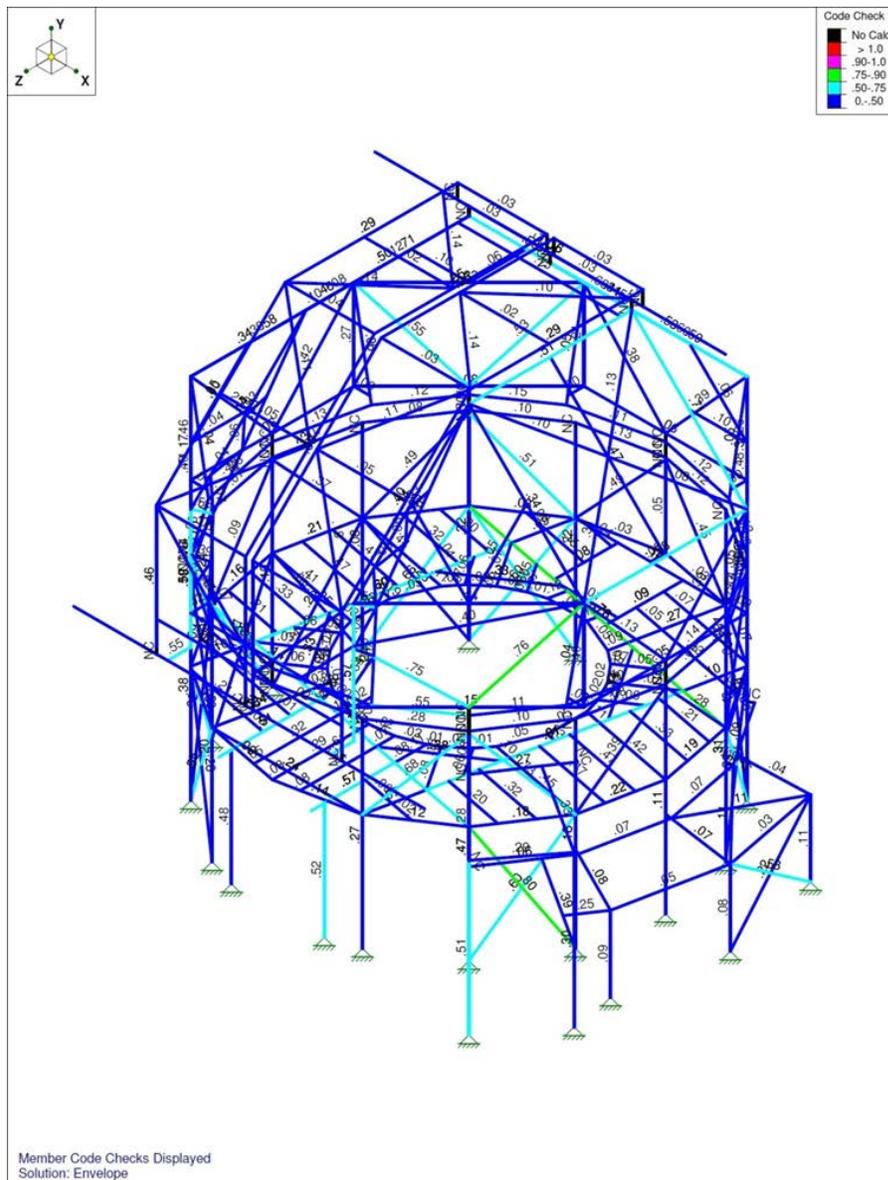


Figura 3.4.4 – Modelo de Recinto y su Base, Envolvente de Relaciones de Esfuerzos de Flexión en Miembros.

En las siguientes etapas del diseño, las conexiones de acero serán detalladas para incorporar los requisitos del código de construcción así como los específicos del proyecto.

3.5 EDIFICIO DE APOYO

3.5.1 RESUMEN DEL EDIFICIO DE APOYO

El Edificio de apoyo alberga actividades relacionadas con el telescopio, la infraestructura de los servicios públicos, y las funciones relacionadas con el personal y se ubica adyacente al recinto, y en la dirección del viento. Las actividades relacionadas con el Telescopio y la infraestructura de los servicios públicos se encuentran localizados en la planta alta, mientras que los espacios personales se encuentran en la planta baja. El edificio de apoyo está conectado al recinto por medio de la utilización de un puente con rieles en el suelo para la transportación de celdas de espejo en el nivel superior. Un pasillo cerrado, debajo del puente, también se provee para el movimiento del personal en el planta baja. El edificio de apoyo puede ser dividido en tres categorías, para entender mejor los requisitos funcionales y de espacio, las tres categorías son las siguientes:

1 – Actividades Relacionadas con el Telescopio	2 – Infraestructura de los Servicios Públicos	3 – Funciones Relacionadas con el Personal
Lavado de Espejo	Cuarto de Equipo TSPM	Sala de Control
Aluminizado de Espejo	Cuarto de Maquinaria	Sala de Computo
Laboratorio de Instrumentación	Cuarto Eléctrico	Oficinas del Personal (x2)
Cuarto de Limpieza y Vestíbulo	Almacén de Herramientas	Cuarto de Observador
Equipo de Lavado y Aluminizado	Equipo Exterior	Clínica
	Armario de intendencia	Sanitarios (x2) y Armario para Intendencia
		Almacén
		Sala de Sistemas

Las actividades relacionadas con el Telescopio se alojan en el piso superior del edificio de apoyo. Esta planta comparte la misma elevación que la planta de observación del recinto. Esto facilita el movimiento de celdas de espejo entre los dos edificios por medio de un par de vías embebidas a nivel del suelo. Tres bahías grandes son proporcionadas para el lavado, aluminizado del espejo y un laboratorio de instrumentación. La primera bahía es para el lavado de espejo, y proporcionará el espacio para una plataforma de lavado. La segunda bahía es para el aluminizado del espejo, y provee una ubicación permanente de un sistema de deposición electrónica en alto vacío. Este sistema es utilizado para depositar películas de aluminio de alta reflectancia en los espejos primarios y secundarios. Como referencia, se adjunta la propuesta de Dynavac para mayor información sobre el sistema de aluminizado del espejo del telescopio. La tercera bahía proporciona un espacio abierto para el montaje y mantenimiento de instrumentos. Es proporcionado también un cuarto de limpieza, con vestíbulo adyacente a esta bahía. Para dar soporte a las actividades de lavado y aluminizado, un cuarto exclusivo es proporcionado para alojar equipo y controles para estas actividades.

La infraestructura de los servicios públicos para todo el lugar son localizados en la planta alta del edificio de apoyo. Los cuartos exclusivos son proporcionados para el telescopio y el equipo suministrado por el Cliente, equipo mecánico, y eléctrico. Estos espacios están localizados lo más lejos posible del Recinto para reducir el calor y la vibración que pudiera perjudicar a las operaciones del telescopio. Espacio adicional es también proporcionado para almacenamiento de herramienta, un armario para intendencia, y un almacén para varios usos. Exterior a los espacios utilizables, y a favor del viento, se encuentra el equipo exterior eléctrico y mecánico. Esto incluye la entrada de servicio eléctrico, transformador, dispositivo de distribución, y enfriadores de fluidos.

Las funciones relacionadas con el personal son alojadas en la planta baja del edificio de apoyo. Estos espacios son aquellos ocupados frecuentemente por el personal de TSPM y astrónomos. Una sala de control abierta con espacios para mostradores es proporcionado cerca de la entrada de la instalación, y proporciona ventanas para vistas directamente al recinto. Como soporte de la sala de control se encuentra la sala de cómputo. En sala de cómputo se almacenarán todos los datos de los astrónomos, y se soportan por un sistema independiente de enfriamiento específicamente diseñado para promover el movimiento del aire alrededor de los estantes de la sala de cómputo. El espacio será diseñado con máxima flexibilidad para permitir facilitar expansión y modificaciones futuras. Los observadores también tendrán un área de estar con una pequeña cocineta y mesas para comer y/o funciones de conferencia. Se proveerá de dos oficinas privadas junto con otras áreas auxiliares así como clínica, sanitarios, sala de tecnología de la información, y almacén. La circulación vertical al piso superior del edificio de apoyo es proporcionado mediante escaleras. El acceso al Recinto es proporcionado a través de un pasillo cerrado que proporciona al personal un área protegida para moverse entre los dos edificios en el caso de una tormenta o condiciones de clima desfavorables.

Véase apéndice: 6.1

3.5.2 TABULACIÓN DEL ÁREA DEL EDIFICIO DE APOYO

Actividades Relacionadas con el Telescopio	
Lavado de Espejos	138 m ²
Aluminizado de Espejos	141 m ²
Laboratorio de Instrumentación	79 m ²
Cuarto de Limpieza y Vestíbulo	31 m ²
Equipo de Lavado y Aluminizado	26 m ²
<i>Área Total</i>	<i>415 m²</i>

Infraestructura de los Servicios Públicos	
Cuarto de Equipos TSPM	56 m ²
Cuarto de Maquinaria	32 m ²
Cuarto Eléctrico	32 m ²
Almacén de Herramientas	35 m ²
Equipo Exterior	32 m ²
Armario de Intendencia	9 m ²
<i>Área Total</i>	<i>196 m²</i>

Funciones Relacionadas con el Personal	
Sala de Control	43 m ²
Sala de Computo	42 m ²
Oficinas del Personal (x2)	32 m ²
Cuarto del Observador	36 m ²
Clínica	10 m ²
Sanitarios (x2)	8 m ²
Armario de Intendencia	9 m ²
Almacén	10 m ²
Sala de Sistemas	10 m ²
<i>Área Total</i>	<i>200 m²</i>

Cálculos del Área Total del Edificio de Apoyo	
<i>Área Total Neta del Edificio</i>	<i>811 m²</i>
Superficie Total del Edificio	1,023 m ²

3.5.3 PLANO DE PLANTAS GENERALES

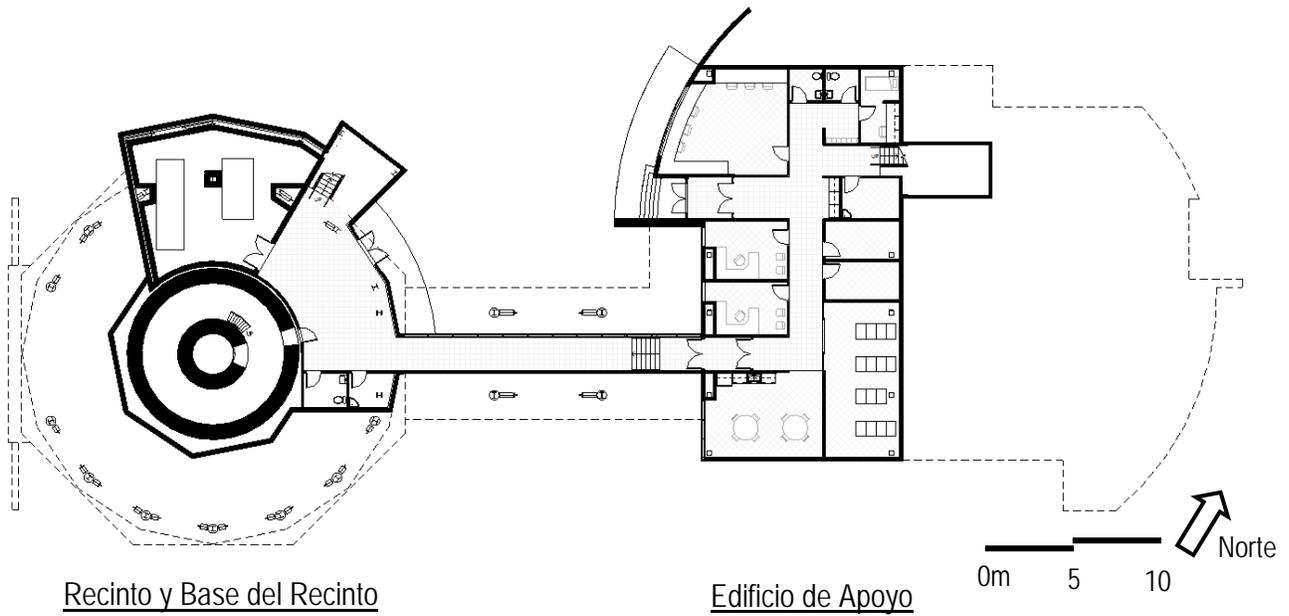


Figura 3.5.3.1 Plano de Planta General – Planta Baja

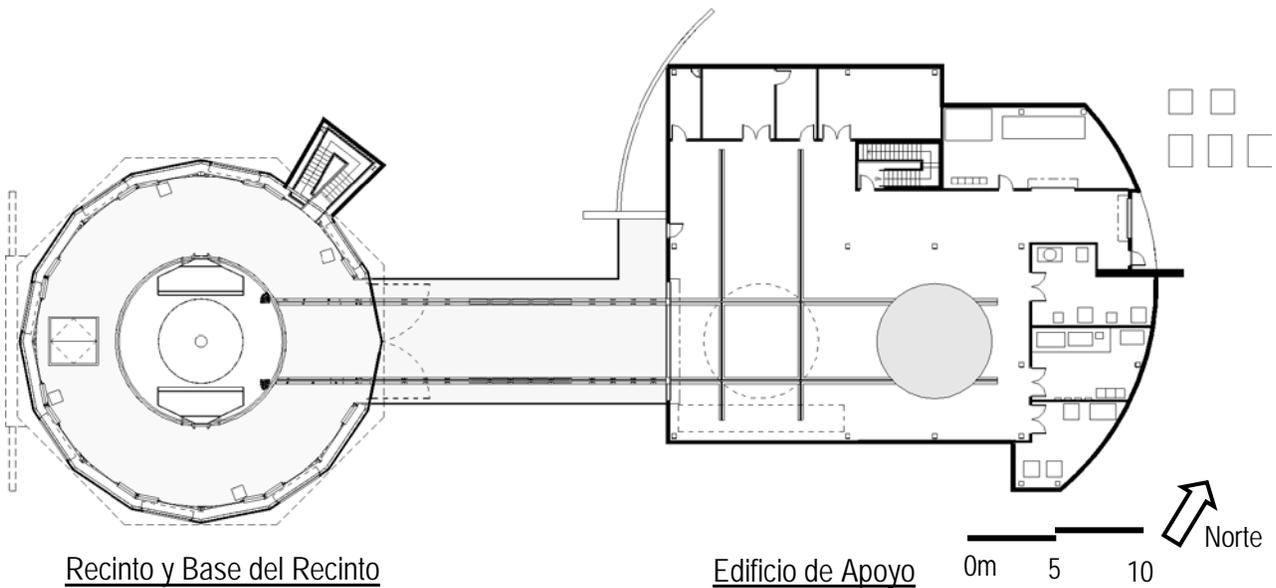
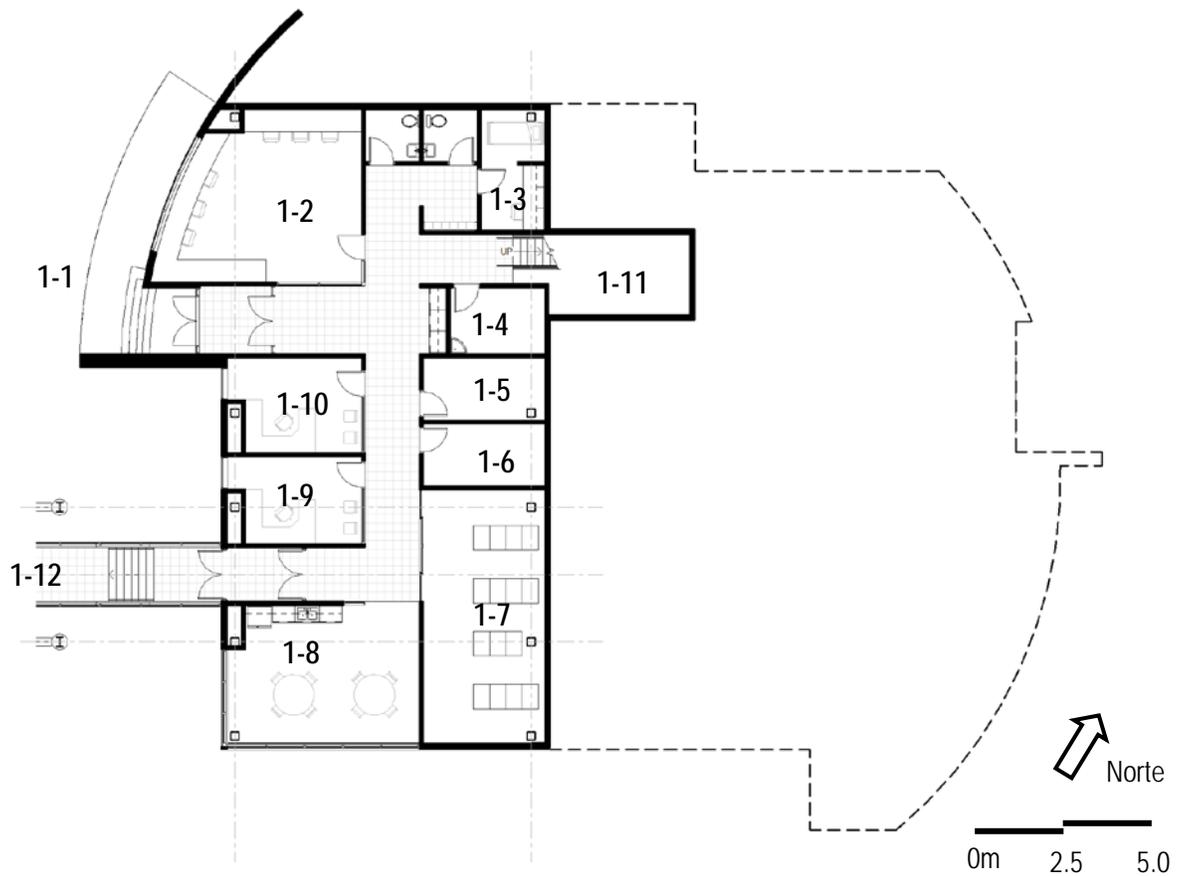


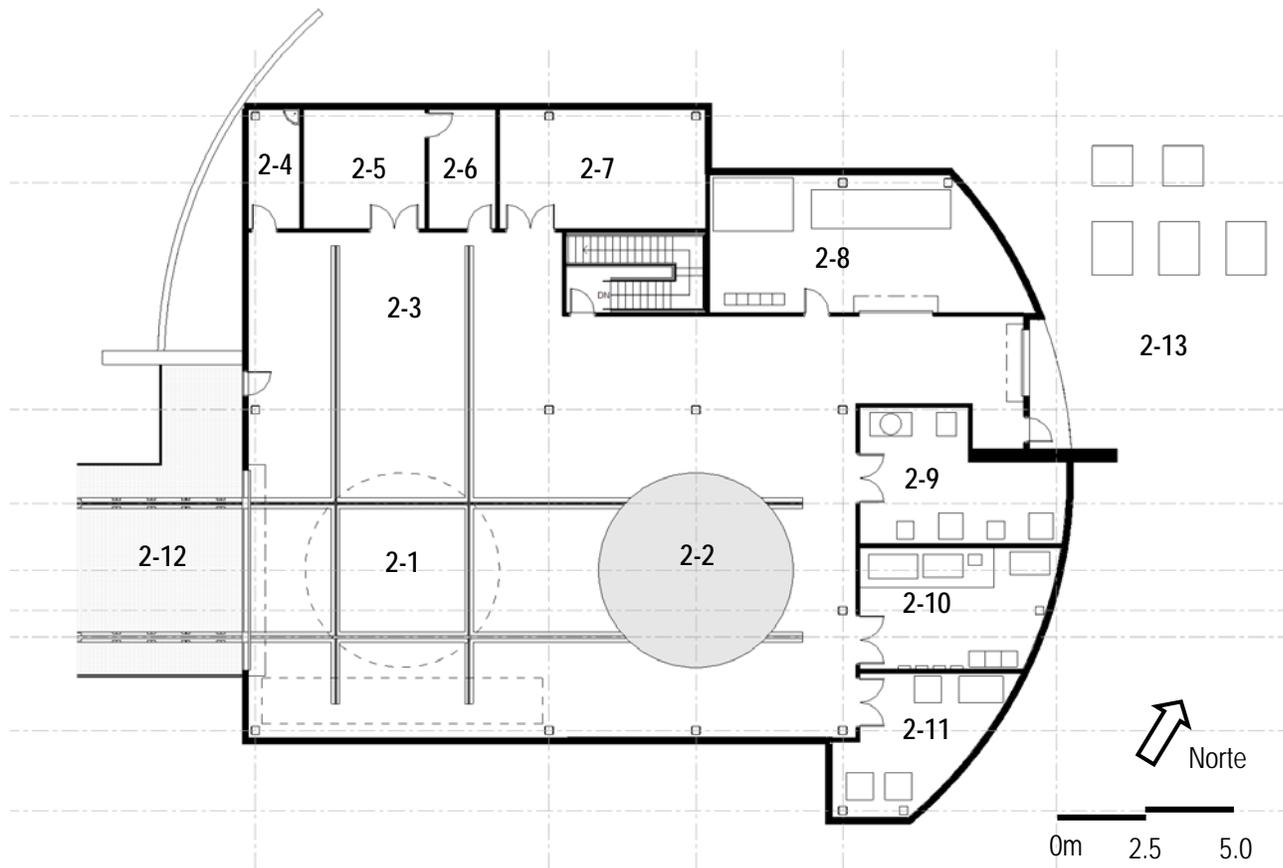
Figura 3.5.3.2 Plano de Planta General – Planta Alta

3.5.4 PLANO AMPLIADO DE PLANTA



1-1	Entrada Principal del Edificio de Apoyo	1-7	Sala de Computo
1-2	Sala de Control	1-8	Cuarto del Observador
1-3	Clínica	1-9	Oficina No. 1
1-4	Armario de Intendencia	1-10	Oficina No. 2
1-5	Almacén	1-11	Circulación Vertical
1-6	Sala de Sistemas	1-12	Acceso al Recinto

Figura 3.5.4.1 Plano de Planta Ampliado del Edificio de Apoyo – Planta Baja



2-1	Lavado de Espejo	2-8	Sala de Equipos TSPM
2-2	Aluminizado de Espejo	2-9	Cuarto de Maquinaria
2-3	Laboratorio de Instrumentación	2-10	Cuarto Eléctrico
2-4	Armario de Intendencia	2-11	Equipo para Lavado y Aluminizado
2-5	Cuarto de Limpieza	2-12	Puente al Recinto
2-6	Vestíbulo al Cuarto de Limpieza	2-13	Entrada de la Planta Alta y Equipo Exterior
2-7	Almacén de Herramienta		

Figura 3.5.4.2 Plano de Planta Ampliado del Edificio de Apoyo – Planta Alta

3.5.5 SECCIÓN GENERAL DEL EDIFICIO

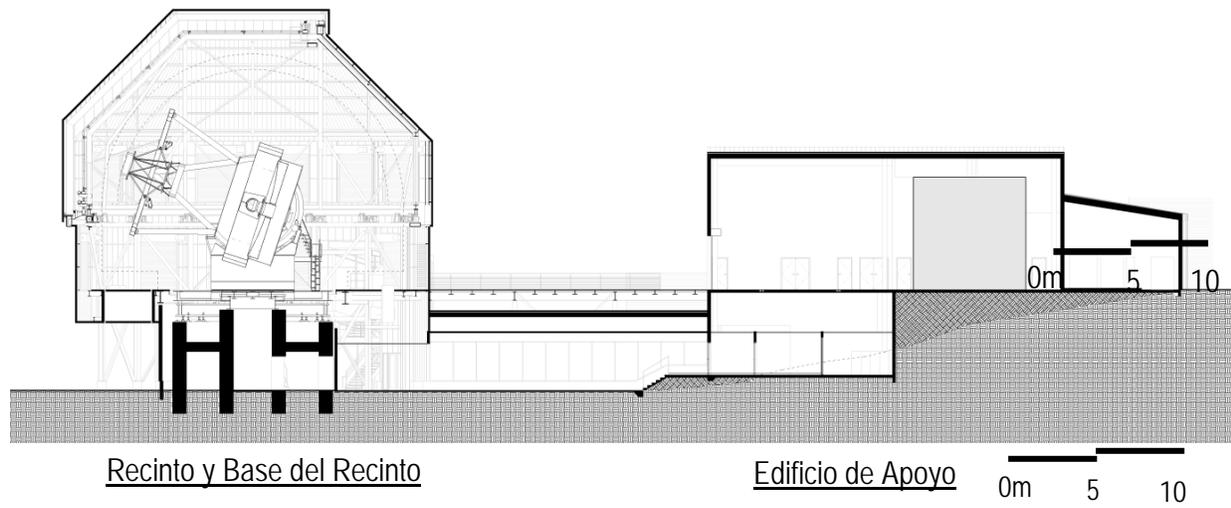


Figura 3.5.5.1 Sección General del Edificio

3.6 RECINTO Y BASE DEL RECINTO

El Recinto aloja al telescopio TSPM de 6.5 metros. En la posición cerrada, el Recinto protege al telescopio y sus instrumentos de condiciones adversas del clima. En la posición abierta, el Recinto permite que el telescopio tenga una vista a campo libre por medio de una gran hendidura en el Recinto. Además en esta posición, el Recinto proporciona ventilación, circulación del aire y protección contra viento, para crear condiciones óptimas de observación para observaciones astronómicas nocturnas. El Recinto está conectado al Edificio de Apoyo a través de rieles embebidos en el suelo por el piso de observación. Los rieles permiten que el espejo sea transportado al Edificio de Apoyo para lavado y aluminizado.

El equipo en el Recinto incluye una grúa de brazo, escotilla del piso del recinto, y un espejo secundario con acceso a una plataforma. La grúa de brazo de 2 toneladas se encuentra cerca de la parte superior del Recinto y es utilizada para levantar equipo pesado al piso de observación o al telescopio. Una escotilla en el piso del recinto es proporcionada para levantar objetos desde el nivel del piso al Recinto. La plataforma con acceso al espejo secundario es proporcionada para dar mantenimiento al espejo secundario y también se encuentra equipado con un mecanismo para remover el espejo secundario si es necesario.

La Base del Recinto sirve como base y piso estacionario para el Recinto giratorio. Además de proporcionar un piso estacionario en el nivel de observación, funciones múltiples son proporcionadas al nivel de la rasante. Estas funciones incluyen una Sala de Espectrógrafo, Entrada al Vestíbulo, Sanitario, Armario para Intendencia, y circulación vertical. La Sala de Espectrógrafo aloja dos instrumentos, el Hectospec y el Hectochelle, y contienen un sistema HVAC dedicado a mantener una temperatura constante.

Los materiales utilizados para la construcción del TSPM han sido elegidos por su desempeño así como su disponibilidad en México. El Recinto y la Base del Recinto están vestidos con paneles de metal aislados los cuales proporcionan un desempeño térmico y de control de la humedad. Los paneles consisten de acero galvanizado con centro de espuma aislante de polisocianurato. La porción giratoria del Recinto tiene cinta adhesiva de aluminio, la cual permite la optimización de las características térmicas del Recinto y minimizar la emisividad.

Los sellos arquitectónicos son proporcionados entre los componentes estacionarios y con movimiento del edificio. La función principal de los sellos es la de proteger el ambiente interior de variadas condiciones ambientales tales como el agua, aire, luz, y polvo. Los sellos están posicionados para facilitar el ajuste, mantenimiento, y reemplazo. Dos capas de sellos serán proporcionados. El primer sello evita que los vientos fuertes, la luz y la mayoría de precipitaciones entren al edificio. El segundo sello mantiene fuera la humedad.

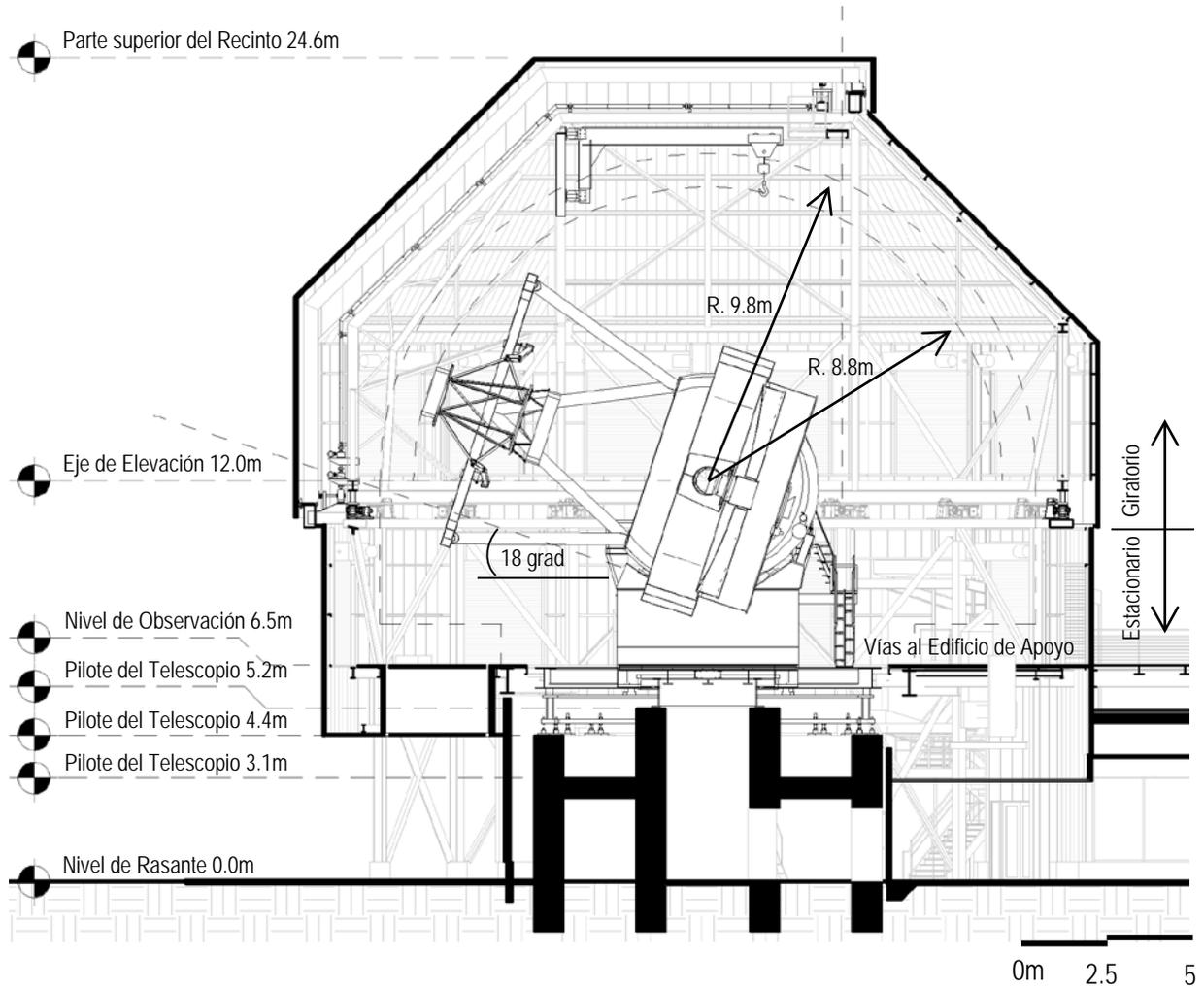


Figura 3.6.1 Sección del Recinto y Base del Recinto (1)

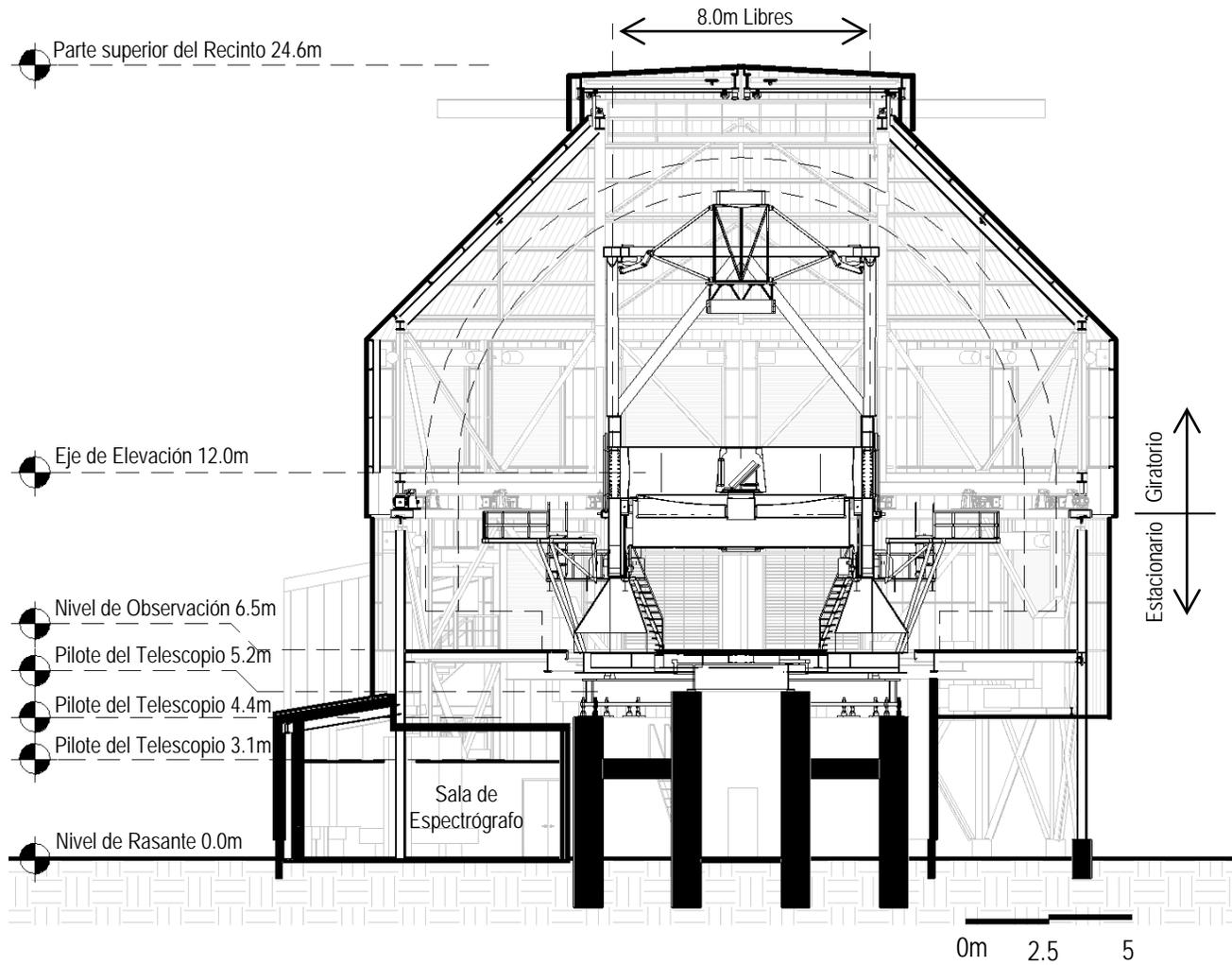
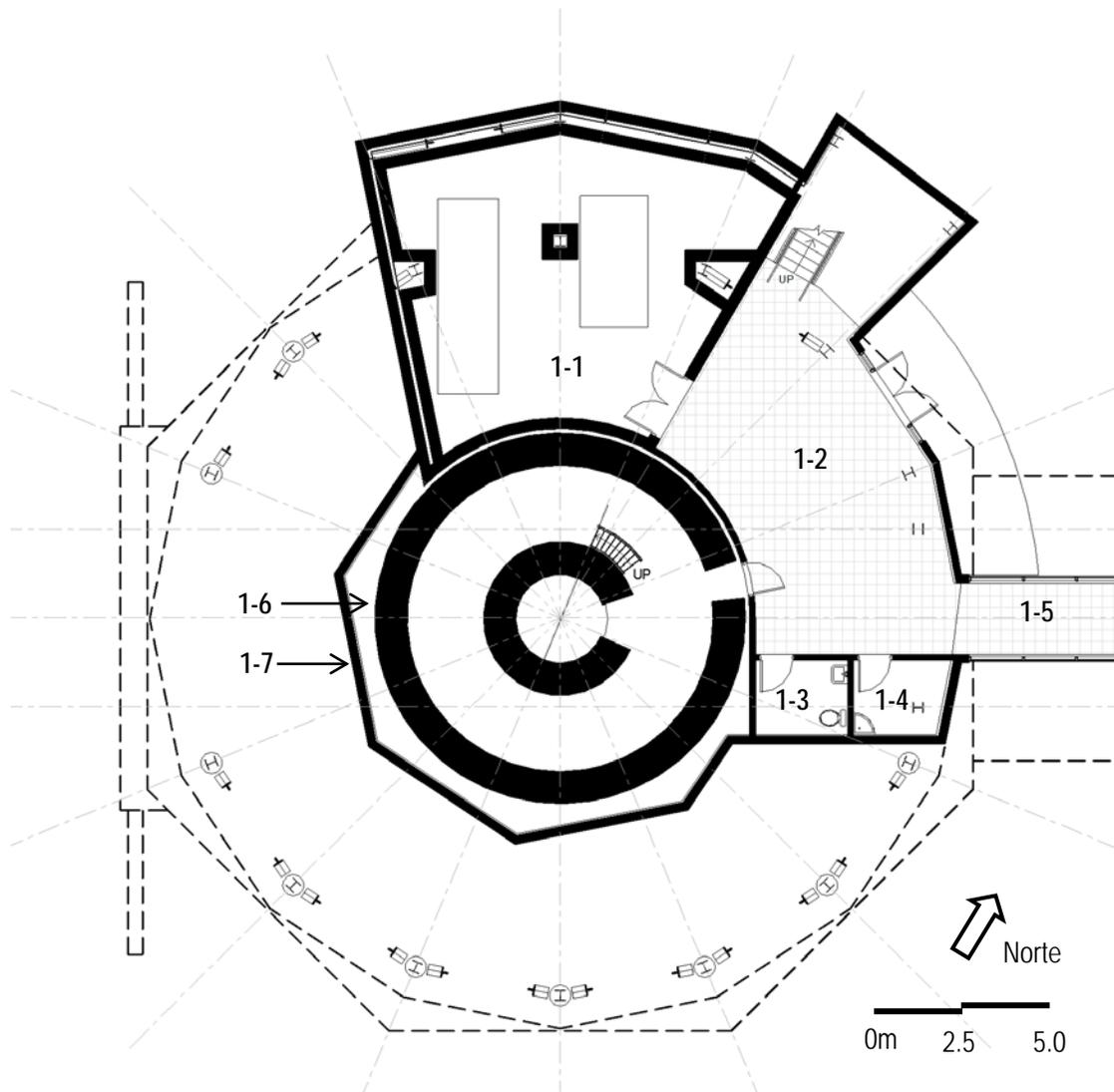
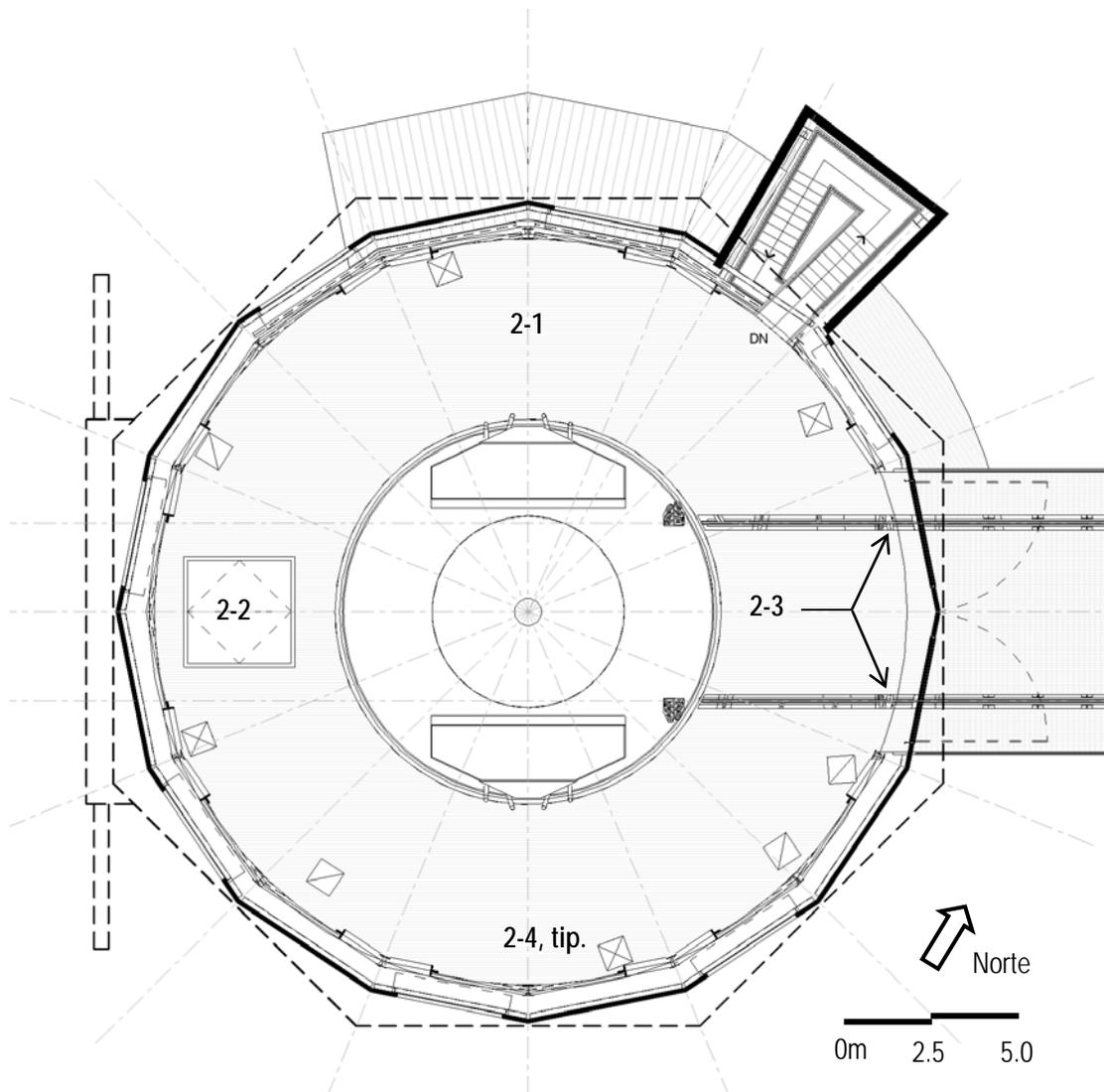


Figura 3.6.2 Sección del Recinto y Base del Recinto (2)



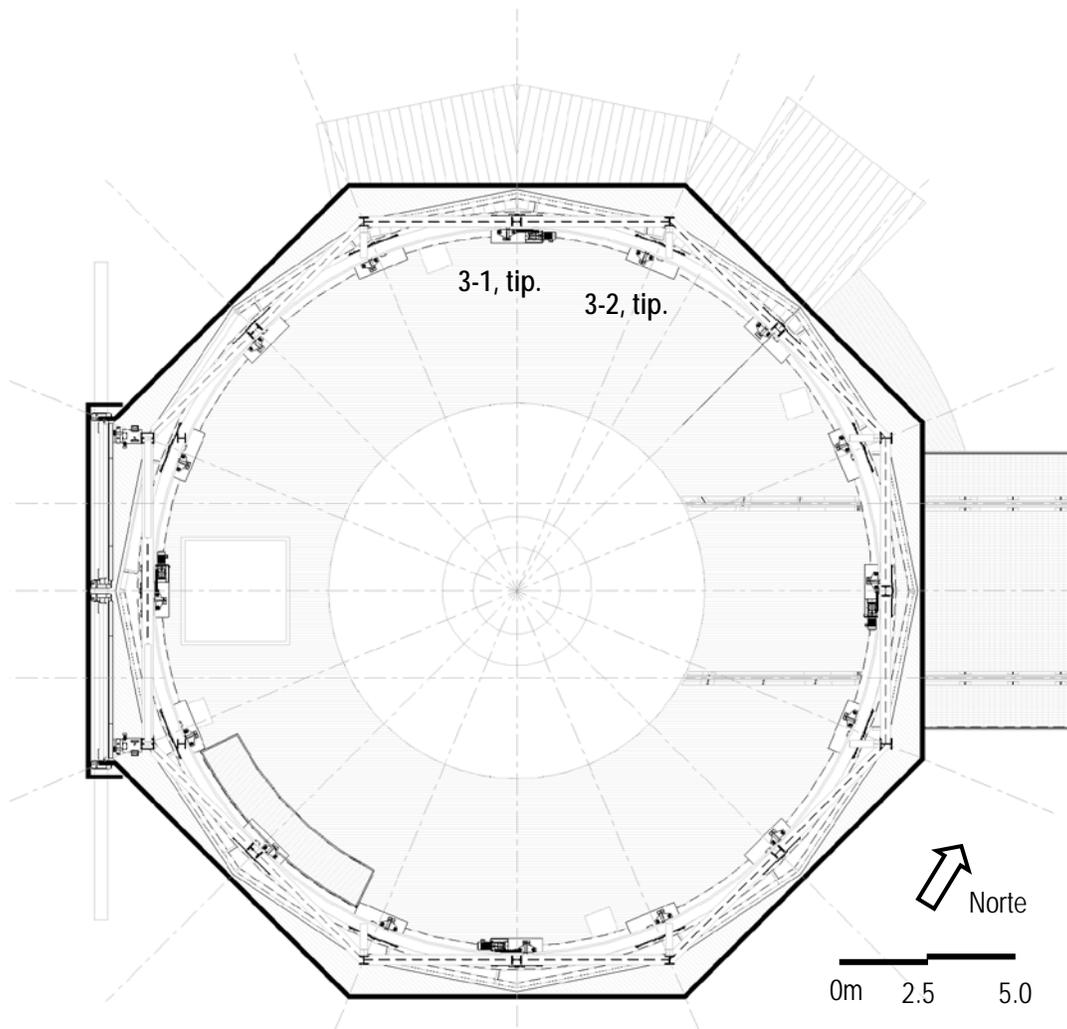
1-1	Sala de Espectrógrafo	1-5	Acceso al Recinto del Edificio de Apoyo
1-2	Vestíbulo de Entrada	1-6	Pilote del Telescopio
1-3	Sanitario	1-7	Falda del Pilote del Telescopio
1-4	Armario de Intendencia		

Figura 3.6.3 Plano del Piso del Recinto – Nivel del Suelo



2-1	Piso Estacionario del Nivel Observación	2-3	Vías en el Suelo al Edificio de Apoyo
2-2	Escotilla del Piso del Recinto	2-4	Suministro HVAC y Retorno, tip.

Figura 3.6.4 Plano del Piso del Recinto – Nivel de Observación



3-1	Pista del Azimut Bogie activo (con motor), tip. de 4	3-3	Espejo Secundario con Acceso a una Plataforma
3-2	Pista del Azimut Bogie pasivo (rodillos), tip. de 12		

Figura 3.6.5 Plano del Piso del Recinto – Base giratoria

3.7 VISTAS EN 3D





3.8 SISTEMA DE CONTROL TÉRMICO DEL RECINTO

TSPM utilizará tanto sistemas de control térmico activo como pasivo, para asegurar las condiciones óptimas de observación. Estas condiciones están aseguradas cuando las superficies del telescopio y el recinto tienen una temperatura idéntica a la temperatura de observación nocturna pronosticada para el ambiente. Los sistemas de control térmico activo incluyen el aire acondicionado para el volumen interior del recinto cerrado durante el día. El sistema de control térmico pasivo incluye reducción de la aportación del calor durante el día, a través de la utilización de paneles aislantes y un sistema de sellos arquitectónicos.

El sistema de control térmico activo de aire acondicionado consistirá de múltiples unidades de fan-coil colocados en la parte inferior de la planta baja del recinto de observación. El aire acondicionado será conducido desde las unidades de fan-coil a través del nivel del piso de observación en el recinto. Los ductos serán ordenados de manera que haya una mezcla homogénea y estratificación de temperatura mínima dentro del recinto. Las unidades de fan-coil utilizarán agua fría suministrada desde el exterior del edificio y el calor de las unidades no será disipado en el recinto. Basado en el sistema de cálculos de tamaños, realizados por TSPM, se proveerá de cuatro unidades con una capacidad nominal de 6 toneladas (21 kW) cada uno, para alcanzar un control térmico apropiado.

Las unidades de fan-coil serán servidas con una solución de agua fría con temperatura baja (también conocida como salmuera) circulando desde los enfriadores localizados en el edificio de apoyo. Los enfriadores serán localizados en el exterior del edificio de apoyo y en la dirección del viento del recinto. Se anticipa que se requerirá que la salmuera sea una mezcla de propilenglicol y agua, con las proporciones dependiendo de la temperatura más fría esperada. Es preferible propilenglicol que etilenglicol por motivos ambientales. El enfriador necesitará proporcionar salmuera a una temperatura suficientemente baja para mantener el recinto a la temperatura deseada de la tarde. En la temporada de invierno, esto puede ser tan bajo como -15°C , por lo tanto la salmuera necesitará estar en -20°C . Esto es más bajo que la operación estándar de los sistemas HVAC, por tal motivo un enfriador especial de temperatura baja podría ser requerido. En algunos casos, este enfriador de baja temperatura debe ser enfriado con un enfriador por aire separado produciendo una salmuera a una temperatura de $\sim 7^{\circ}\text{C}$.

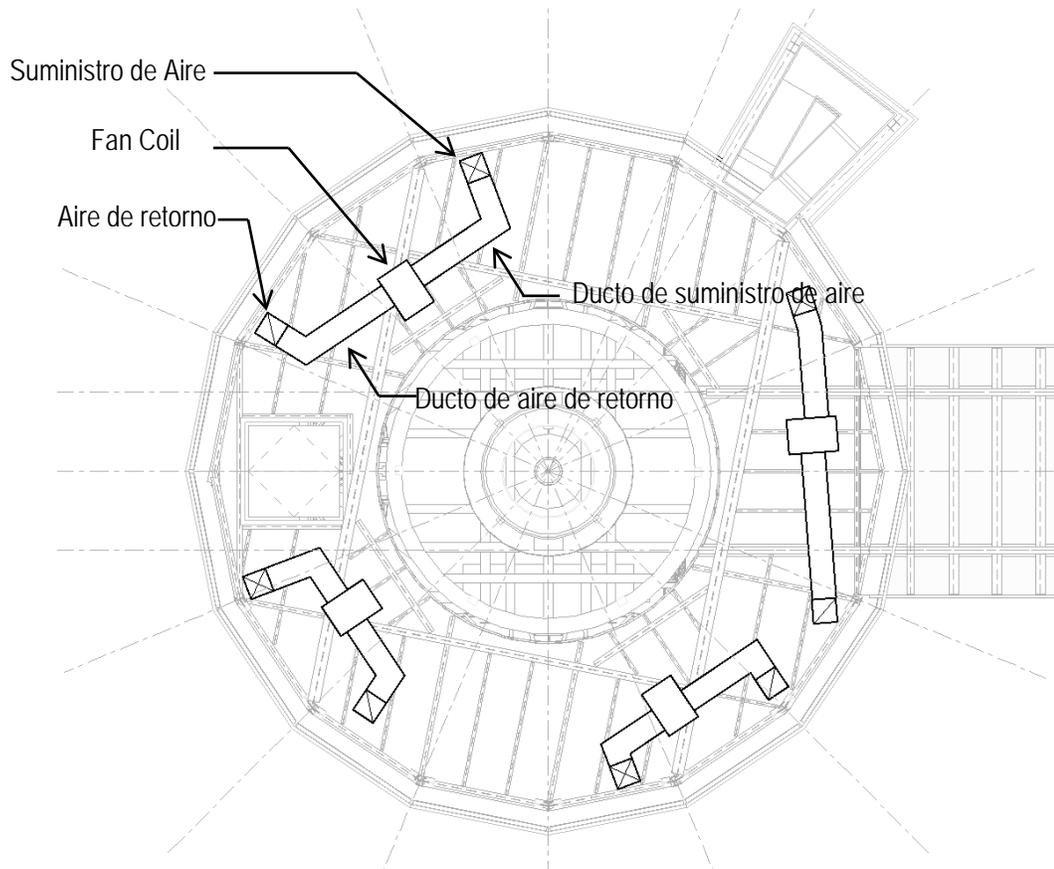


Figura 3.8.1 Plan de Diseño para Unidad Fan Coil

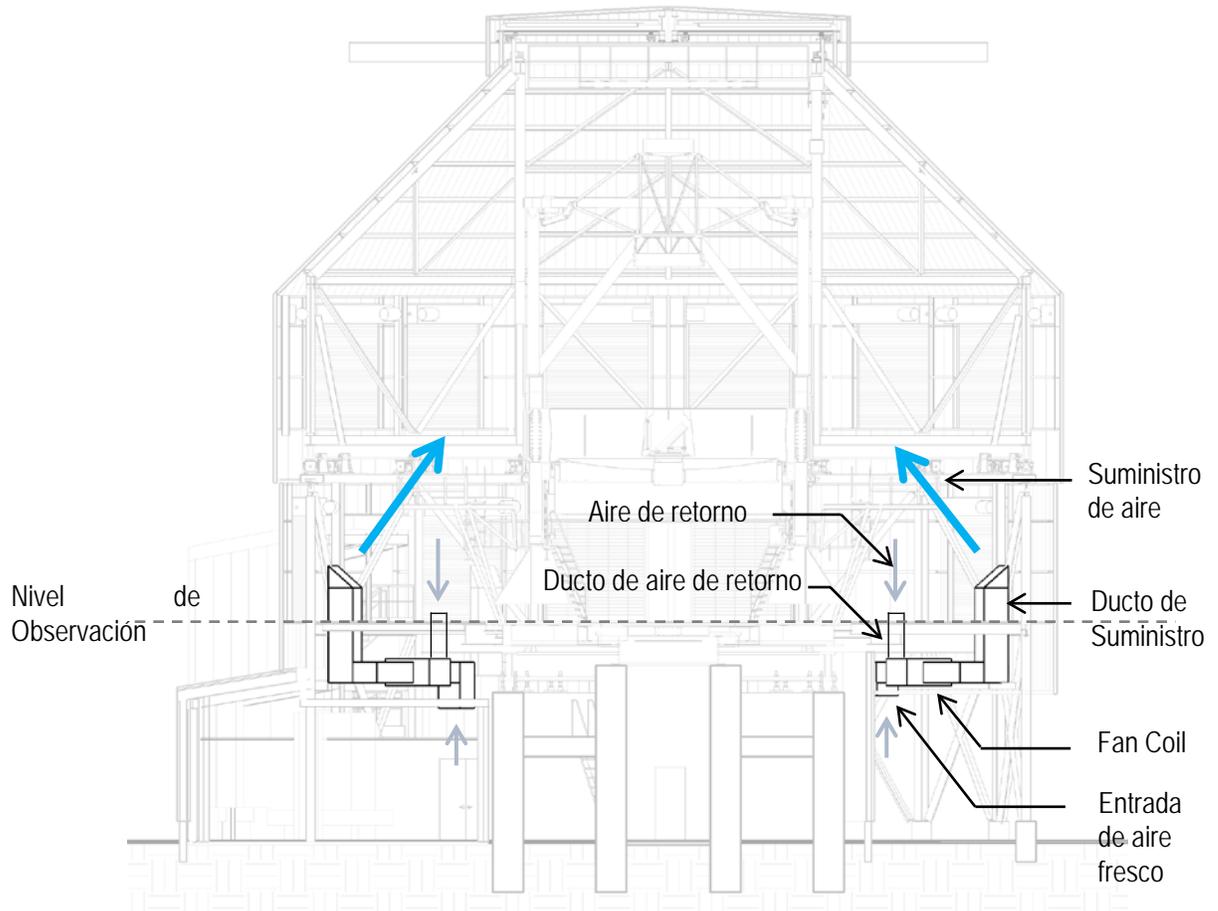


Figura 3.8.2 Sección Perfil Fan Coil

El Sistema de control térmico pasivo consistirá de paneles de metal aislante y sellador para mampostería para reducir la aportación de calor durante el día. Los paneles consistirán de cubiertas de acero galvanizado con panel aislante de espuma rígida de polisocianurato. Las juntas son de ranura y lengüeta, con paneles anti-lluvia para proporcionar hermeticidad, puentes térmicos bajos, y alto rendimiento térmico. Los sistemas de sellos de mampostería protegen el ambiente interior de una amplia gama de condiciones ambientales, tales como agua, aire, luz, y polvo. Dos capas del sellador serán aplicadas en todas las ubicaciones, reduciendo la infiltración del aire del exterior.

Una evaluación de la carga de enfriamiento fue realizada TSPM. El recinto fue modelado en el programa Carrier's HAP (Hourly Analysis Program) para evaluar la carga de enfriamiento debido a los efectos ambientales. Equipos con cargas de calor no fueron incluidos, pues se pretende que sean mínimos y por el momento son desconocidos. La cúpula fue evaluada utilizando dos aislantes de diferente grosor. El primer caso (Caso No. 1) fue utilizando paneles para pared y techo de 100mm de espesor. El segundo caso (Caso No. 2) fue utilizando paneles para pared y techo de 75mm de espesor. En cada caso, el valor R general del fabricante, fue reducido por 17% teniendo en cuenta algunos puentes térmicos en los sujetadores y juntas.

En el Caso No. 1, los 100mm de espesor del panel para pared se encuentran en las listas de fabricantes con valor Rsi de 1.3 / 25mm, o con Rsi-5.3 en el caso de paneles aislantes de 100mm. Este valor fue reducido a Rsi-4.4 para los propósitos de calcular las cargas de enfriamiento. Los de paneles aislantes de techo de 100mm son listados por el fabricante como Rsi de 5.8. Este valor fue reducido a Rsi-4.7 para propósitos de calcular las cargas de enfriamiento. La carga de enfriamiento la cúpula fue estimada a 23.0 toneladas, u 80.9 kW de eficiencia.

En el caso No. 2, los paneles aislantes de pared de 75mm están listados por el fabricante como Rsi de 1.3 / 25mm, o Rsi-3.9 en el caso de los paneles de 75mm. Este valor fue reducido a Rsi-3.0 para los propósitos de cálculo de cargas de enfriamiento. Los paneles aislantes de techo de 75mm son listados por el fabricante con valor Rsi de 4.2. Este valor es reducido a Rsi-3.5 para calcular las cargas de enfriamiento. La carga del enfriamiento de la cúpula fue estimada a 23.9 toneladas, u 84.0 kW de eficiencia.

Debido a la diferencia tan insignificante entre los requisitos de enfriamiento de los dos grosores, un panel de 75 mm grueso será utilizado como diseño base. Observe que estos valores son cargas calculadas. Las capacidades Nominales del equipo serán más altas, cuando el equipo tenga que ser reducido por servicio en altura, tomando en cuenta el calentamiento del motor, ineficiencias, y calor interno generado por el equipo del telescopio.

Véase apéndice 6.2 y 6.3

3.9 VENTILACIÓN DEL RECINTO

Durante la observación nocturna, el Recinto será ventilado para optimizar las condiciones de observación. La ventilación será a través de aberturas verticales en las paredes del Recinto, permitiendo que el volumen del Recinto sea extraído con la temperatura del aire de la noche. Las puertas serán activadas individualmente para permitir ajuste entre posiciones de completamente abiertas y cerradas, dependiendo de la dirección del viento en relación con la abertura de las hendiduras en las puertas de observación, velocidad del viento, y temperaturas del interior y exterior.

Las puertas de ventilación serán de cortina metálica (enrollable) con aislante. Estas puertas se encuentran disponibles "en pasillo" y tienen un historial comprobado en diseño de observatorios. Todas las puertas tendrán un tamaño común, de 3.0m x 3.0m, y serán instaladas tanto en las paredes fijas como rotativas del Recinto, que comparten en común el volumen del Recinto. El diseño actual incorpora 23 puertas de ventilación, para un área total abierta de 207m². El número de puertas puede incrementarse o disminuirse, basado en una revisión más a fondo de los requisitos de ventilación del Recinto.

Las puertas de ventilación serán diseñadas para resistir los requerimientos de presiones de viento y sismos. Las tablillas de las puertas serán rellenas con espuma de poliestireno expandido para reducir el acumulamiento de calor dentro del recinto. Los burletes serán instalados alrededor de todos los perímetros para reducir la infiltración de aire y polvo. Todas las puertas serán operadas por motor y diseñadas para cumplir con un máximo de veces de apertura y cierre, como se define en los requisitos del proyecto.

Véase Apéndice 6.4

3.10 MECANISMOS

3.10.1 FILOSOFIA DE DISEÑO PARA MECANISMOS

La base-de-diseño para el Telescopio San Pedro Mártir (TSPM) fue utilizada por el Proyecto del Telescopio Magallanes de 6.5 metros. El diseño de Magallanes es un diseño probado, con una construcción simple y confiable que incorpora prácticas estándar en la industria.

Los ensambles han sido diseñados para facilitar el mantenimiento básico y la accesibilidad a través de los siguientes métodos:

- Limitación de pesos extraños
- Dimensionamiento de los componentes en piezas manejables para ensamblar
- Identificación del ciclo de vida de los componentes
- Identificación de los requisitos de mantenimiento
- Destinación de un espacio del piso adyacente para permitir el mantenimiento y la accesibilidad.

La repetición en el diseño de la soldadura y la selección del componente es incorporada. El uso de componentes disponibles en el mercado es maximizado tanto como sea práctico.

3.10.2 MECANISMOS DE ROTACIÓN

Requisitos de Diseño

Los Mecanismos de Rotación cumplirán con las siguientes especificaciones:

- Velocidad máxima de rotación de 3 grados por segundo ($3^\circ/\text{seg}$)
- Velocidad mínima de rotación de 0.03 grados por segundo ($0.03^\circ/\text{seg}$)
- Paro de rotación, en menos de 5 segundos, en caso de emergencia
- Índice de rotación de 0.4 grados por segundo ($0.4^\circ/\text{seg}^2$)
- Velocidad del Viento
 - Velocidad del viento máxima operacional de 60 kilómetros por hora (37mph)
 - Velocidad de ráfaga de viento máxima operacional de 80 kilómetros por hora (50mph)
 - Velocidad de supervivencia de 175 kilómetros por hora (110 mph)

El mecanismo de rotación deberá cumplir con los siguientes requisitos:

- Sostener todas las cargas verticales impuestas
 - Estructura de la cúpula, equipo y peso de la compuerta para operaciones normales

- Estructura de la cúpula, equipo, compuerta, peso de la nieve y hielo para condiciones de supervivencia.
- Sostener todas las cargas horizontales impuestas
 - Velocidades cero, normal y máxima del viento para operaciones normales
 - Velocidad de Supervivencia de ráfaga del viento para condiciones de supervivencia.
- Rotación ilimitada en cualquier dirección de rotación
- Proporciona fácil alineación y ajuste del mecanismo durante el montaje
- Proporciona acceso para mantenimiento
- Todas las partes estarán protegidas contra corrosión

Diseño del Mecanismo de Rotación

Los mecanismos de rotación consistirán de 16 ensambles de bogies fijos en espacios equidistantes montados a la estructura fija del recinto de la cúpula.

Ensamblados soldados del Bogie (Tren de rodaje)

Todos los ensambles de los bogies serán de construcción soldada. Los ensambles soldados del bogie serán proporcionados con placas flexibles y bloques de goma Fabreeka para soporte de fluctuación de carga vertical. El Soporte de fluctuación de carga horizontal es proporcionado a través de pernos de hombro montados en rondanas planas. Los bloques de ajuste desmontable y permanente junto con los tornillos extractores son proporcionados en los ensambles soldados del bogie para alineación y posicionamiento de ruedas del bogie, unidades de transmisión y restricciones para tolerancias requeridas. Una restricción de reacción de fuerza es proporcionada en los ensambles de bogie motorizado.

Bogie no motorizado

Cada ensamble de rodillo del bogie consta de una simple rueda de vehículo fabricada, un eje, arandelas de presión del eje y cojinetes de brida montados sobre la pieza soldada del bogie diseñada para soportar las cargas impuestas por las condiciones de operación y supervivencia.

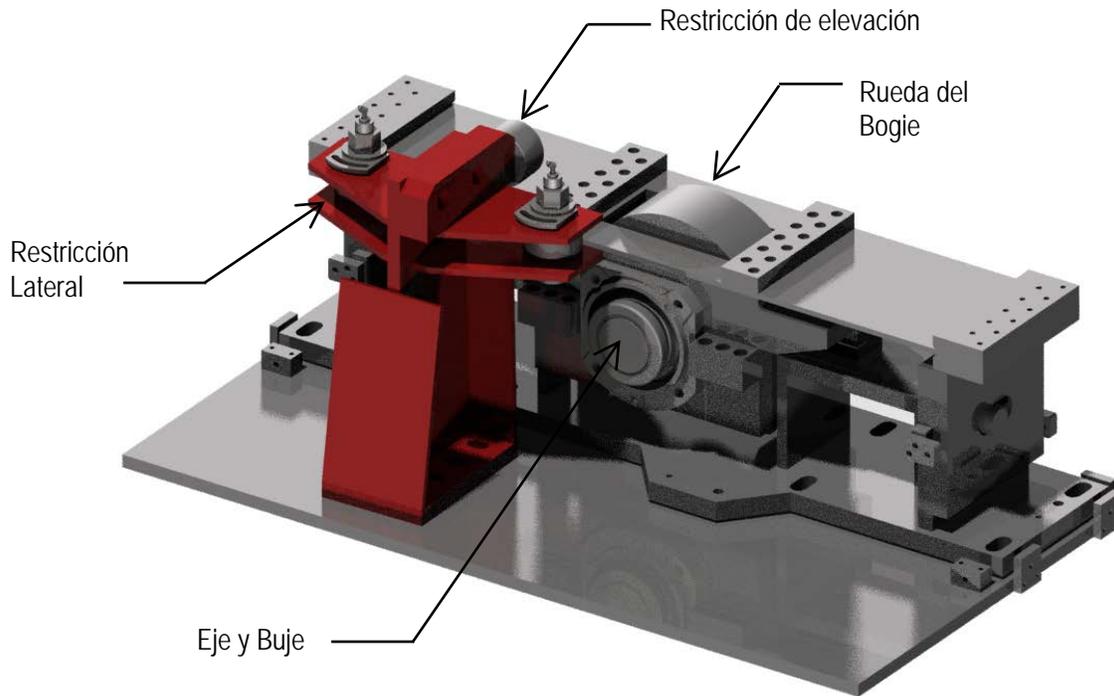


Figura 3.10.2.1 Modelo de Bogie no motorizado

Bogie motorizado

Cuatro ensambles del bogie serán proporcionados con unidades de motorreductor de cadena de transmisión y ensambles de engrane para rotación azimut. Los ensambles de transmisión del bogie son similares en diseño a los ensambles del bogie no motorizado con flecha de transmisión extendida para acomodar los engranes.

Los cuatro ensambles de transmisión del bogie serán proporcionados con unidades de motorreductor de 10hp (7.5kW). Basados en el nivel de diseño actual del acero estructural y componentes mecánicos, esta unidad de motorreductor requiere ser más grande que el Motorreductor de 7.5hp (5.6kW) usado en Magallanes.

Basados en el sobrecalentamiento potencial de los componentes del motorreductor, cada unidad necesitará una unidad auxiliar de ventilación de eje independiente. La temperatura de las superficies expuestas del motorreductor no debe ser mayor a 4 grados Celsius sobre la temperatura ambiente durante la operación del telescopio, asumiendo una velocidad constante de rotación de 0.2 grados por segundo y una velocidad de rotación máxima de 180 grados cada media hora. Para lograr este requisito de temperatura, un enfriamiento adicional

debe ser suministrado a la carcasa del motor, ya sea por aislamiento o por enfriamiento con líquido refrigerante.

Las unidades de motorreductor serán proporcionadas con frenos electromagnéticos para detener la rotación de la cúpula. Los frenos se activarán automáticamente en caso de fallas de energía. Los codificadores de los motorreductores serán proporcionados para indicar la posición azimut y la velocidad de rotación. La velocidad del motorreductor será controlada por variadores de frecuencia (AFDs).

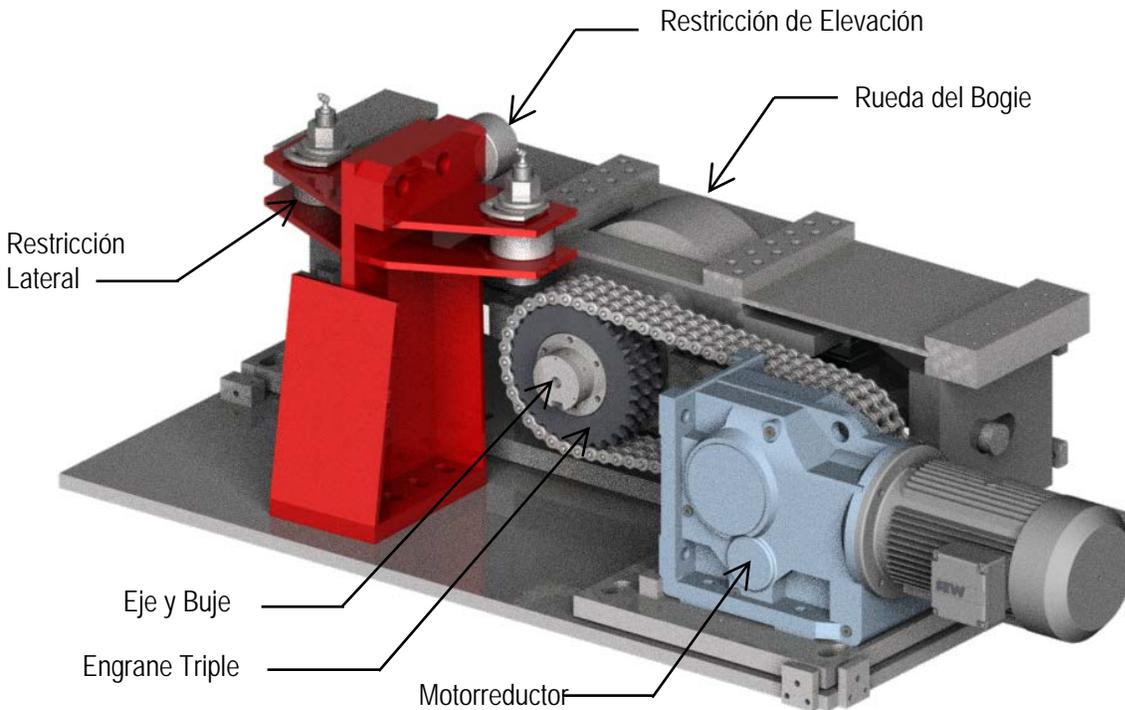


Figura 3.10.2.2 Modelo de Bogie Motorizado

Mecanismos de Rotación con restricciones de Elevación y Lateral

Las piezas soldadas atornilladas en cada bogie proporcionarán ubicaciones de montajes de los bloques y rodillos de la restricción lateral y de elevación. Las restricciones de elevación tendrán seguidores de levas montados en bloques dimensionados para corresponder a las cargas de supervivencia de elevación. Las restricciones laterales tendrán cojinetes de rodillos de levas de horquilla montados en bloques dimensionados para ajustar las cargas de supervivencia laterales.

Codificadores de Posición

Los codificadores de posición serán proporcionados para asegurar la sincronización del movimiento azimut con el movimiento del telescopio. Los codificadores del motorreductor

serán proporcionadas con cada bogie motorizado para indicar la posición azimut y la velocidad de rotación. Un software de control será utilizado para asegurar la sincronización.

3.10.3 WINDSCREEN

El Recinto contará con un parabrisas para proteger al telescopio del viento excesivo durante observaciones. El parabrisas estará ubicado dentro de la estructura del recinto en el interior de la apertura de observación. Cuando no esté en uso, el parabrisas se plegará y almacenará en un nicho exclusivo en la parte inferior de la apertura de observación. La operación del parabrisas estará limitada a condiciones de operación para la velocidad del viento.

La elevación máxima del parabrisas estará debajo de la cubierta horizontal del Recinto.

El parabrisas estará compuesto de paneles en forma de panal de abeja, de aluminio rígido y articulado. El parabrisas podrá elevarse o descender, completa o parcialmente. El mecanismo de operación para el parabrisas consistirá de una cadena y sistema de engranaje con rodillos guía ubicados en un canal en forma de U para mantener la orientación necesaria del parabrisas. Dos cadenas y sistemas de engranaje se proveerán, uno en cada lado del parabrisas. Con el fin de levantar horizontalmente el parabrisas y reducir al mínimo del desgaste de la cadena y el engrane, las cadenas dobles serán manejadas por un solo motorreductor.

Los interruptores límite y los codificadores del motorreductor serán usados para indicar la posición del parabrisas. Los interruptores límite serán ubicados como mínimo en los límites extremos de operación (completamente abierto, completamente cerrado). El parabrisas estará afianzado eléctricamente a la estructura de la cúpula.



Figura 3.10.3.1 Modelo de Parabrisas

3.10.4 MOONROOF

El Recinto contará con un techo corredizo para proteger al telescopio de la dispersión de luz durante observaciones. El techo corredizo estará ubicado en el techo de la estructura del recinto en el interior de la apertura de observación. Cuando no esté en uso, el techo corredizo será plegado y almacenado en un nicho exclusivo en la parte posterior de la apertura de observación y deberá despejar por completo la apertura de observación cuando esté almacenado. La operación del techo corredizo estará limitada a las condiciones de operación respecto de la velocidad del viento.

El techo corredizo abarcará toda la apertura horizontal en la apertura de observación. La extensión máxima del techo corredizo será hasta el final de la cubierta horizontal del Recinto.

La construcción del techo corredizo será similar a la construcción de los parabrisas. Los interruptores límite y los codificadores del motorreductor serán usados para indicar la posición del techo corredizo. Los interruptores límite estarán ubicados como mínimo en los límites extremos de operación (completamente abierto, completamente cerrado). El techo corredizo estará afianzado eléctricamente a la estructura de la cúpula.



Figura 3.10.4.1 Modelo del Techo Corredizo

3.10.5 ANILLO DE RODAMIENTO CIRCULAR

Se proporcionará un anillo de rodamiento circular a la parte inferior de la viga del arco estructural de la cúpula del recinto. El anillo de rodamiento circular será concéntrico con el eje azimut del telescopio dentro de las tolerancias definidas para la operación de la cúpula y del bogie no motorizado. Las tolerancias de planeidad, circularidad y de deformación del lado inferior de este anillo serán determinadas en función de la selección del mecanismo de rotación, las cargas experimentadas y de los requisitos de rotación de la cúpula. El anillo será liso para minimizar el desgaste de las ruedas del bogie.

3.10.6 MECANISMOS DE LA COMPUERTA

Requisitos de Diseño

El mecanismo de la compuerta cumplirá con las siguientes especificaciones:

- Compuerta abierta/cerrada tiempo máximo de 2 minutos
- Velocidades del viento
 - Velocidad del viento máxima operacional de 60 kilómetros por hora (37mph)
 - Velocidad del ráfaga de viento máxima operacional de 80 kilómetros por hora (50mph)
 - Velocidad del viento de supervivencia de 175 kilómetros por hora (110mph)

El mecanismo de la compuerta cumplirá con los siguientes requisitos:

- Operación independiente de cada compuerta
- Mantener todas las cargas verticales impuestas
 - Peso de la compuerta para operaciones normales
 - Peso de la compuerta, nieve y hielo para condiciones de supervivencia.
- Mantener todas las cargas horizontales impuestas
 - Velocidades del viento cero, normal y máxima para operaciones normales
 - Velocidad de ráfaga del viento para condiciones de supervivencia
- Proveer fácil alineación y ajustes de mecanismos durante montaje
- Proveer accesos de mantenimiento
- Todas las piezas deben estar protegidas contra corrosión

Diseño del Mecanismo de la Compuerta

Los mecanismos de la compuerta consistirán de bogies, ensambles de transmisión (motorreductor, engranaje de reducción, sistemas de eje, y cojinetes de soporte de eje), cremalleras y piñones, restricciones de elevación y lateral, y paradas de sobre recorrido.

Bogies

Cuatro bogies de serán proporcionados para cada compuerta, uno en la esquina superior y otro en la esquina inferior. Las piezas soldadas del bogie de la compuerta serán de construcción soldada. Cada soldadura soportará una cara plana, grúa tipo rueda con cojinetes internos y eje de rueda. Los bloques de ajuste permanente y tornillos extractores son proporcionados en las piezas soldadas del bogie para alineación y posicionamiento de las ruedas del bogie y para restricciones de las tolerancias requeridas. Los bogies viajarán a lo largo de las vigas de estructura de acero dimensionadas para permitir el movimiento completo de la compuerta a la posición abierta.

Ensamblés de Transmisión

Cada ensamble de transmisión de la compuerta contará con unidades de motorreductor con Sistema de ejes para operar los piñones de transmisión ubicados en los extremos superior e inferior de la compuerta. El sistema de ejes seguirá la geometría de las vigas de arco del recinto a través de una serie de soportes de cojinetes, uniones y juntas universales. Una reducción de caja de cambios estará ubicada en el final de cada eje (superior e inferior) accionando el piñón para operar la compuerta.

Cada ensamble de transmisión de la compuerta contará con unidades de motorreductor de 5hp (3.7kW). Basados en el nivel de diseño actual del acero estructural y componentes mecánicos, este motorreductor es de las mismas dimensiones del motorreductor usado por Magallanes. Ningún refrigerante auxiliar será requerido debido al uso de engranaje de

reducción. En una emergencia, una rueda de operación manual será proporcionada por cada motorreductor para su uso en caso de pérdida de potencia.

La unidad de motorreductor contará con frenos electromagnéticos para detener el movimiento de la compuerta. Los frenos se desactivarán automáticamente en caso de fallas de energía. Se proporcionarán los codificadores del motorreductor para indicar la velocidad y la posición de la compuerta. Los ajustes de posición de la caja de reducción y el motorreductor serán a través de calzas y barrenos sobredimensionados en las piezas soldadas de soporte.

Soporte y Piñón

El engranaje de soporte será proporcionado a lo largo (superior e inferior) de la longitud de la compuerta. El engranaje de soporte estará montado en un elemento estructural de acero para permitir el calzado y el ajuste de la alineación para asegurar una apropiada unión con el piñón. La coincidencia del piñón de engranaje será controlada a través de cajas de cambio ubicadas en los bordes superior e inferior de la compuerta.

Restricciones Lateral y de Elevación de la Compuerta

Las piezas soldadas atornilladas sobre la estructura de la puerta del obturador cerca de los bogies superior e inferior proveerán ubicaciones de montaje a los rodillos de restricción lateral y de elevación. Las restricciones de elevación tendrán cojinetes de rodillos de levas de horquilla montados en placas dimensionadas para ajustar las cargas de elevación de supervivencia. Las restricciones laterales tendrán cojinetes de rodillos de levas de horquilla montados en placas dimensionadas para ajustar las cargas laterales supervivientes.

Topes de Recorrido Extra

Las piezas soldadas de los topes de recorrido extra serán montadas en ambas vigas superior e inferior de la compuerta, al extremo abierto de los límites de recorrido de las compuertas. Se proporcionarán un total de cuatro piezas soldadas de topes de recorrido extra, uno en el final de cada viga de la compuerta. Las piezas soldadas del tope incluirán parachoques y pernos de atranque. También se proporcionará un interruptor de proximidad para cada pieza del tope en la viga inferior de la compuerta.

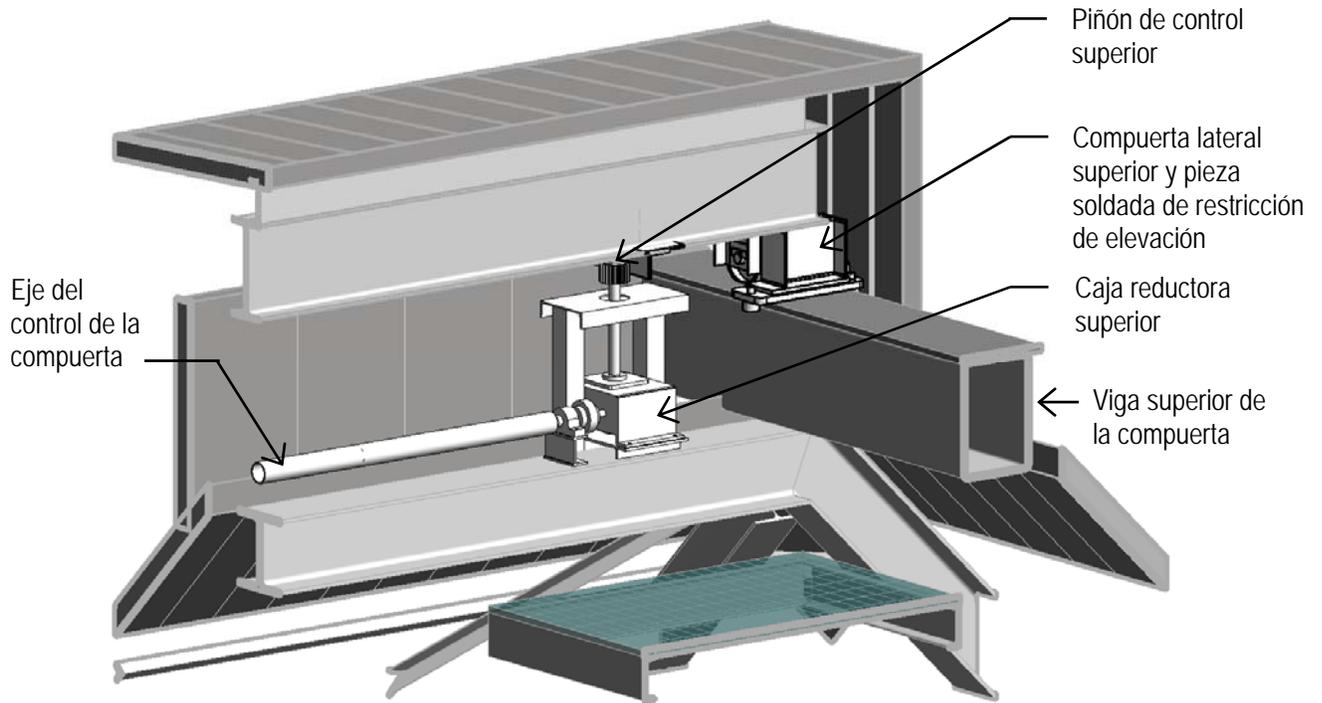


Figura 3.10.6.1 Control de la Compuerta Superior

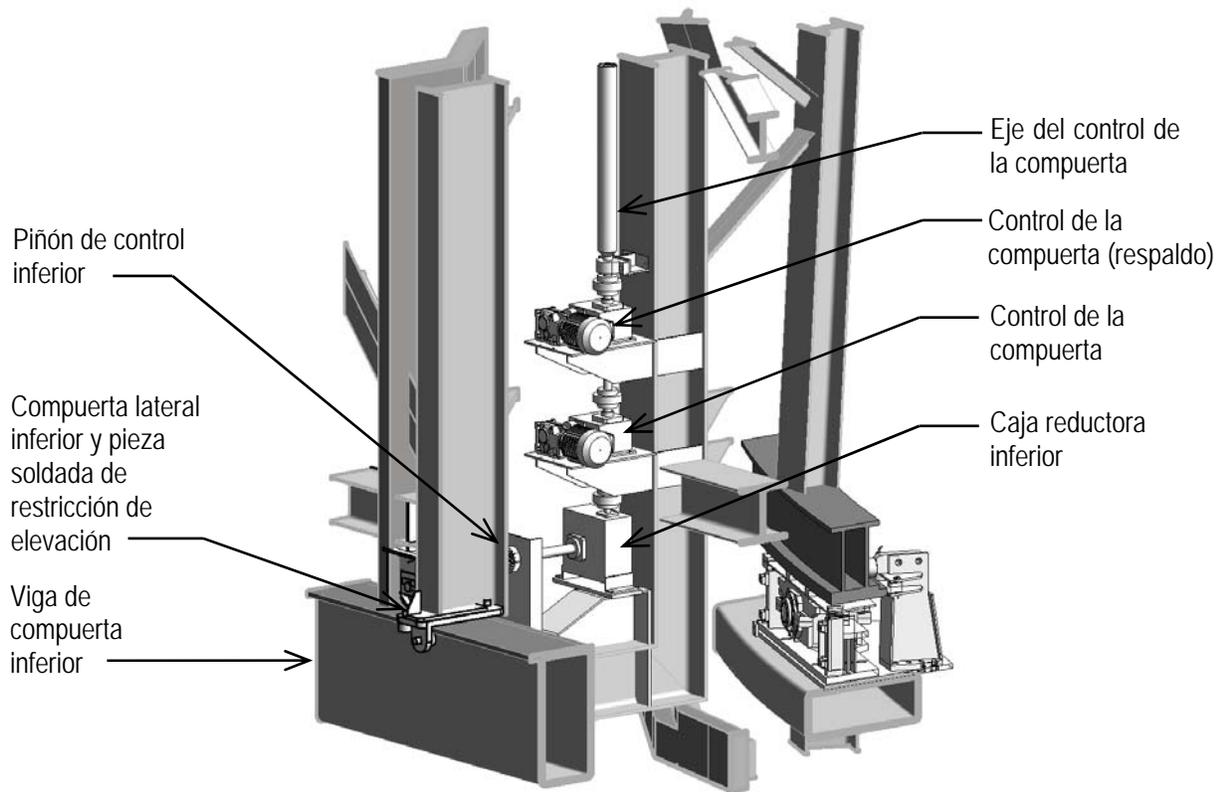


Figura 3.10.6.2 Control de la Compuerta Inferior

4 COMPARACIÓN DE COSTOS Y PROGRAMA

4.1 COMPARACIÓN DE COSTOS

M3 proporcionó una estimación de costo preliminar en el Reporte de Factibilidad presentado para TSPM el 4 de septiembre del 2013. El estimado utilizó al proyecto del Telescopio Magallanes como una base-de-diseño y desglosó los costos totales de la división de construcción. Basados en un mayor entendimiento de los requisitos del proyecto, se ha desarrollado un análisis de costos comparativo para identificar las diferencias entre las bases-de-diseño y el actual diseño conceptual con 5% de avance del TSPM.

Lo siguiente son diferencias entre el Recinto, la Base del Recinto y los Pilotes del Telescopio:

Análisis Comparativo para el Recinto, Base del Recinto y Pilote del Telescopio			
<i>Item</i>	<i>Bases de Diseño del Magallanes</i>	<i>Diseño Conceptual TSPM</i>	<i>Diferencia / Variación</i>
Acero del Recinto y Base del Recinto (Superestructura)	145,422 kg.	159,891 kg.	10% Aumento
Las cantidades de acero de la Superestructura aumentaron para ajustarse a las condiciones ambientales en San Pedro Mártir y a los requisitos actuales del código de construcción.			
Conexiones Sísmicas	Código de Construcción 1991 UBC	Código de Construcción 2006 IBC	10% Aumento
Las Conexiones Sísmicas aumentaron para ajustarse a las condiciones ambientales en San Pedro Mártir y a los requisitos actuales del código de construcción en lo relativo a los requisitos previos de la UBC.			
Altura del Recinto	22.3 m.	24.7 m.	11 % Aumento
La altura del nivel de observación aumentó por 1.5 metros. El eje de elevación aumento en 0.63 metros. En general, la altura del Edificio aumento 2.4 metros.			
Edificio de Control / Sala del	168 m ² .	186 m ² .	11% Aumento
El área total del Edificio de Control de Magallanes es más pequeña que la nueva sala de Espectrógrafo del TSPM, vestíbulo en entrada, escaleras y sanitarios.			
Concreto del Pilote del	430 m ³	245 m ³	43 % Disminución de Volumen
El volumen total del concreto del pilote del telescopio se redujo debido a la reducción de la profundidad por debajo de la rasante.			
Izaje del Equipo	Izaje del Equipo del Recinto	No Aplica	Equipo Eliminado
El elevador de tijera en el Recinto ha sido eliminado.			

Lo siguiente son diferencias entre los Edificios de Apoyo:

Análisis Comparativo para el Edificio de Apoyo			
<i>Item</i>	<i>Bases de Diseño del Magallanes</i>	<i>Diseño Conceptual TSPM</i>	<i>Diferencia / Variación</i>
Área del Edificio de Apoyo	501 m ² .	1,023 m ² .	104% Aumento de área
El área del edificio aumentó basada en funciones adicionales requeridas. Estos espacios adicionales incluyen un laboratorio de instrumentos, cuarto de limpieza, almacén de herramienta, sala de computo, clínica, etc.			
Longitud del Puente	9.7 m.	18.0 m	86% Aumento en longitud
El Puente conecta el Edificio de Apoyo al Recinto. La longitud total aumentó para ajustarse a la topografía del sitio y mantener un Angulo de vista del telescopio de 18.0 grados sobre el horizonte en relación con la parte superior del Edificio de Apoyo.			
Corredor	No Aplica	18 m.	Nuevo Componente
Un corredor fue introducido al proyecto para conectar el Edificio de Apoyo al Recinto. Este elemento no fue parte del diseño del Magallanes.			

Basados en el análisis comparativo presentado antes, M3 predice un aumento general en los costos totales de construcción de aproximadamente 12%. El aumento en la superficie ocupada del Edificio de Apoyo representa la mayor parte del incremento del costo. Este incremento del porcentaje está basado sobre un análisis comparativo del diseño Magallanes. A este nivel de diseño no se realizó una cuantificación de volúmenes o materiales. Con el fin de proveer una estimación de costos más exacta, una cuantificación de volúmenes y materiales es requerida.

4.2 COMPARACIÓN DE PROGRAMA

M3 proporcionó un programa de construcción preliminar en el Reporte de Factibilidad presentado para TSPM el 4 de Septiembre del 2013. El programa de construcción utilizó al proyecto Telescopio Magallanes como una base-de-diseño. Basados en un mayor entendimiento de los requerimientos del proyecto y de la edificación en sitio, M3 anticipa un incremento en el programa de construcción de más de 6 semanas

Un incremento en la duración del programa de construcción es principalmente para representar el aumento del área del Edificio de Apoyo. Los Gerentes de Construcción en sitio serán capaces de disminuir o eliminar este incremento trabajando en el Recinto y en el Edificio de Apoyo simultáneamente. La ruta crítica estará dada por el Recinto y no por el Edificio de Apoyo.

5 LOGISTICA DE CONSTRUCCIÓN

5.1 CONSTRUCCIÓN EN SAN PEDRO MÁRTIR

El sitio propuesto para el Telescopio San Pedro Mártir requerirá que todos los materiales y el equipo de construcción sean trasladados a sitio. Se anticipa que el personal trabaje turnos extendidos durante las horas del día, seis días a la semana. Considerando que la infraestructura adyacente al proyecto no es suficiente para el personal de construcción, se requerirá la habilitación de un campamento temporal. El campamento temporal de construcción deberá comprender dormitorios, cafetería, y una sala recreacional construida en sitio. En este punto, se asume que el camino de acceso vehicular será adecuado para el tráfico de construcción.

La logística de transportación de materiales y equipo, la disponibilidad de un área de descargas cercana al sitio, y la distancia al puerto más cercano son todos factores que impactan en el costo de la infraestructura. Los trabajadores típicamente reciben una bonificación cuando trabajan en áreas remotas y les son reembolsados todos sus gastos de viaje para y desde el sitio de construcción.

Existen varios contratistas generales y subcontratistas disponibles en México, capaces de construir esta instalación. La meta del Telescopio San Pedro Mártir es tener métodos de construcción de edificaciones típicas y tolerancias específicas. Donde se requieran tolerancias justas, como en partes maquinadas ensamblado en talleres, los ajustes requeridos se realizan antes de embarcar a sitio.

Durante los procesos de pre-licitación, es importante pre-calificar a los posibles contratistas generales y subcontratistas. Esto es típico en la industria, y el proceso provee un entendimiento de los intereses del potencial contratista en el proyecto. Este proceso también provee información de la experiencia del contratista en proyectos similares y sobre su experiencia en trabajos en sitios remotos.

5.2 VALORACIÓN DEL RIESGO CRÍTICO

El objetivo del diseño del Telescopio San Pedro Mártir es reducir riesgos con soluciones probadas. El diseño del TSPM se basa en el Observatorio Magallanes, el cual ha estado en operación por más de una década. Existen muchas "Lecciones Aprendidas" en esta década pasada, las cuales nos permitirán mejorar en lo siguiente.

El TSPM será diseñado para reducir el riesgo de diseño y construcción a través de los siguientes métodos:

- Reducir mano de obra en sitio por fabricación de componentes fuera de sitio (en taller).
- Utilización de materiales disponibles localmente y que le son familiares a la mano de obra local.

- Especificar productos y equipo que se encuentra completamente disponible y sean de fácil mantenimiento.

Estos métodos impactarán directamente en la disposición de un contratista a cotizar el trabajo y asentará las bases para desarrollar un ambiente de licitación competitiva, lo que favorece tanto costo como programación de obra.

5.3 FASE DE PRE-CONSTRUCCIÓN

El éxito de un proyecto de construcción, depende en gran parte de qué tan efectiva sea la planeación del contratista durante la etapa de pre-construcción. La meta de esta fase es minimizar el tiempo de construcción "en-sitio" y evitar potenciales conflictos que puedan afectar el presupuesto y el programa del proyecto. El contratista general preparará un programa con la ruta crítica y el reporte del análisis de costos para incluir la logística del personal y materiales, la transportación y el uso de subcontratistas. Durante esta fase, las compañías de control de calidad y topografía serán seleccionadas y contratadas. Su disponibilidad de viajar al sitio en base a visitas ("como-sea-requerido") debe ser confirmada.

Como parte de la fase de pre-construcción, el subcontratista proveedor del acero, fabricará y pre-ensamblará la viga de rotación en taller. Previo a la instalación de la cubierta (placa) de la viga de rotación, una compañía independiente de control de calidad inspeccionará toda la soldadura, los tamaños de las piezas y las conexiones. Una vez terminada la inspección, la viga es ensamblada con oruga de acero mecanizada e inspeccionada para cumplir con las tolerancias de ensamble.

No se requiere para esta estructura, el pre-ensamblado de la cúpula, fuera de la viga de rotación. Los dibujos de acero estructural, generados con un software en 3D, proveerán de los dibujos de fabricación para taller. El archivo electrónico de cada pieza de acero se carga al equipo de fabricación automatizado y se ensambla de acuerdo a la información proporcionada en el archivo electrónico. La precisión y calidad de este sistema, y la cercanía al fabricante del acero, proporciona la suficiente confianza para no justificar el gasto del pre-ensamblaje de la estructura completa.

Todos los mecanismos de rotación azimut y de postigos necesitan ser pre-ensamblados y maquilados en el taller antes de enviarse a sitio. El patrón de los pernos de anclaje para la dirección del azimut y bogies, provistos por el fabricante del acero estructural, asegurarán su correcto ensamble

5.4 FASE DE CONSTRUCCIÓN

El equipo de construcción requerido para montaje del Telescopio San Pedro Mártir se encuentra disponible en México, a través de muchas compañías de renta de equipos ubicadas a lo largo del país. Es común una grúa móvil de 100 toneladas para izaje de todo el equipamiento de acero en sitio, y se utilizan en el país, en proyectos de infraestructura industrial y minera a gran escala. Otro equipo de construcción auxiliar como retroexcavadoras, canastas elevadoras, excavadores y equipo diverso de terracerías se encuentra completamente disponible regionalmente.

6 APÉNDICES

6.1 M3 ENGINEERING 6.5M MIRROR COATING SYSTEM ROM



6.5M Telescope Mirror Coating System

Proposal No. 5016

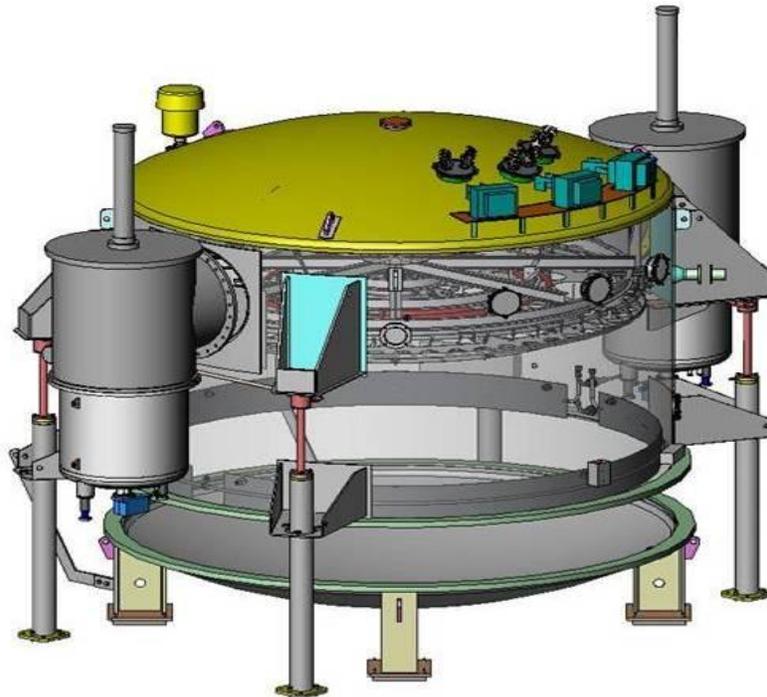
Prepared for: Jose Teran
M3 Engineering

Prepared by: Steven Chiavaroli
Product Manager – Thin Film Systems
Dynavac
110 Industrial Park Road
Hingham, MA 02043

Dynavac is pleased to provide the following budgetary quotation and technical proposal for the design, manufacture, test and installation of a high vacuum sputtering system for coating up to a 6.5M optic. The system will be used to deposit high-reflectance aluminum films on the primary mirror M1 (6.5M) and the secondary mirror M2 (approximate size TBD) of the telescope. Using a proven chamber design and deposition methods, Dynavac will provide an automated system with high-reliability, attention to the handling of the high-value mirrors, and managed costs.

The vacuum chamber will consist of a shallow dished-head base to hold the mirror and a taller upper cylinder to hold the deposition sources. Multiple magnetron cathodes with aluminum targets will be mounted in a “sputter down” configuration to provide a uniform coating thickness over the surface of either the M1 or M2 mirrors.

System control will be automated through a programmable logic controller. The user interface will be through a supervisory computer. The system will be fully interlocked to prevent improper operation.



Similar System Design

This proposal is for a turnkey system. It includes design, construction, integration, testing and installation. The system will be fully assembled and tested at Dynavac; all aspects of performance will be demonstrated prior to shipping. Dynavac technicians will install and test the system after the system arrives at its destination. A functional acceptance test will be performed after installation.

Technical Overview

Chamber

- The vacuum chamber will be a vertical cylinder 7.3m (24-ft.) in diameter by approximately 7.3m (24-ft) in height. The chamber is split to into Upper and Lower sections with a flange interface.
- The chamber and ancillary equipment will be fabricated from carbon steel and painted for protection on the interior and exterior. The interior paint will be vacuum suitable, low outgassing vacuum system approved paint.
- The Upper Chamber houses the sputtering sources and consists of a straight section 7.3m in diameter, a flange on the bottom and closed on the top with an ASME F&D head. The flange on the bottom will be machined flat to seal against the O-ring in the flange of the Lower chamber.
- The Lower Chamber Section provides a housing for the mirror and cell. It consists of a straight section 7.3m in diameter, a flange on the top and closed on the bottom with an ASME F&D head. The top flange will be machined flat with a dovetail O-ring groove to contain a captured Viton O-ring.
- The Upper Chamber is supported above the finished floor to allow the Lower Chamber with mirror cell to move beneath it. The support is provided by a pair of frames mounted to the floor. Motor-driven jack screws are mounted on top of the frames to adjust the chamber height slightly. The frames with the jacks interface with the Outriggers in the Upper Chamber.
- A platform on the top chamber section will house source power supplies.
- A motor driven support frame and rail system move the chamber bottom section for mirror load/unload.
- Miscellaneous required ports and penetrations.

Mirror Support System

- Hindle mount and whiffle-tree principle using three (3) steel legs for the M1 mirror bolted into pads welded to the bottom of the chamber.
- Second set of three pads in the chamber base will be provided to support the M2 mirror.
- Each of the three (3) legs will have a three-arm fixture attached to it. At the end of each arm will be a stainless disk with PTFE pad. When the mirror is lowered in place, this arrangement will distribute the load so that all nine arms are in contact with one pad on the back of the mirror.

Pumping System

- (2) Leybold SV630B/WSU2001 rough pump and blower package will be used to evacuate the chamber from atmospheric pressure.
- Four (4) CTI “CT-400” cryopumps and Model 9600 water-cooled compressors are used for high vacuum pumping.
- Four (4) ISO 400 high vacuum gate valves.
- Four (4) high conductance deposition baffles.
- Ln2 Meissner coil water vapor pumping system.

Deposition\Process System

The sputtering system is made up of multiple sputtering sources with power supplies, a rotational radial source support arm, main support shaft, external rotational drive, glow discharge cleaning and gas control.

- The magnetron cathodes are spaced on a radius with target area and power varying proportional to the radius. Each magnetron will have a rectangular target and a DC power supply. The final location and elevation for each cathode is adjustable along with the power adjustment and will allow for fine tuning the coating uniformity.
- Each cathode will have a single gas (argon) control system consisting of a mass flow controller mounted externally, piping and a distribution ring around the target. The Gas line will be all stainless steel routed through the top plate of the Main Rotary Post to each cathode.
- 0 - 5KV, 1A DC power supply will be used to power a glow discharge rod for pre-cleaning of the mirror.
- MKS mass flow controller with pneumatic shut-off valve for O2 process gas backfill.

Control\Power Systems

- Fully integrated multi-bay control console.
- Dynavac PC/PLC based control system.
- PC HMI/Data acquisition package (LabVIEW).
- LCD Flat Panel Monitor.
- Fully integrated power distribution console

Vacuum Gauging\Instrumentation

- Vacuum gauging for monitoring\interlocking of the chamber and cryopumps.
- Temperature monitoring for all cryopumps.

Water Distribution

- Fully integrated water distribution panel.

Documentation

- Operations Manual
- Vendor Manuals
- Utilities\Floor Layout
- Electrical Drawings
- Mechanical Assembly Drawings

Acceptance Testing

A Factory Acceptance Certification will be completed and signed off by both Dynavac and M3 Engineering representatives. This form will be mutually agreed upon prior to the acceptance testing. These tests are system functionality tests only and will be completed at Dynavac's facility prior to shipment. This test will be witnessed by an authorized customer representative and will constitute initial acceptance of the system.

Shipping and Installation

Dynavac will dismantle and prepare the system for shipment. Dynavac is responsible for the shipping of the system and is responsible for the rigging of the system from the truck to its desired location and providing utility connections to the system.

A Dynavac field service team will be dispatched to connect, startup, and test the system. Upon completion of acceptance testing, M3 Engineering personnel will be trained in system operation, troubleshooting techniques, and maintenance procedures.

6.2 SYSTEM SIZING SUMMARY FOR DOME

Air System Sizing Summary for DOME

Project Name: SPMT HEAT LOADS
Prepared by: M3

01/27/2014
09:22AM

Air System Information

Air System Name DOME	Number of zones 1
Equipment Class CW AHU	Floor Area 5120.0 ft ²
Air System Type SZCAV	Location SPMT, Mexico

Sizing Calculation Information

Zone and Space Sizing Method:	
Zone CFM Sum of space airflow rates	Calculation Months Jan to Dec
Space CFM Individual peak space loads	Sizing Data Calculated

Central Cooling Coil Sizing Data

Total coil load 23.0 Tons Total coil load 276.1 MBH Sensible coil load 102.2 MBH Coil CFM at Aug 1500 8000 CFM Max block CFM 8000 CFM Sum of peak zone CFM 8000 CFM Sensible heat ratio 0.370 ft ² /Ton 222.5 BTU/(hr-ft ²) 53.9 Water flow @ 10.0 °F rise 55.25 gpm	Load occurs at Aug 1500 OA DB / WB 86.0 / 80.0 °F Entering DB / WB 70.3 / 66.3 °F Leaving DB / WB 53.6 / 53.4 °F Coil ADP 51.7 °F Bypass Factor 0.100 Resulting RH 83 % Design supply temp. 54.8 °F Zone T-stat Check 1 of 1 OK Max zone temperature deviation 0.0 °F
--	---

Central Heating Coil Sizing Data

Max coil load 143.9 MBH Coil CFM at Des Htg 8000 CFM Max coil CFM 8000 CFM Water flow @ 20.0 °F drop 14.40 gpm	Load occurs at Des Htg BTU/(hr-ft ²) 28.1 Ent. DB / Lvg DB 35.0 / 58.5 °F
---	--

Supply Fan Sizing Data

Actual max CFM 8000 CFM Standard CFM 5656 CFM Actual max CFM/ft ² 1.56 CFM/ft ²	Fan motor BHP 4.38 BHP Fan motor kW 3.48 kW Fan static 2.00 in wg
--	--

Outdoor Ventilation Air Data

Design airflow CFM 0 CFM CFM/ft ² 0.00 CFM/ft ²	CFM/person 0.00 CFM/person
--	---

Air System Sizing Summary for DOME

Project Name: SPMT HEAT LOADS
Prepared by: M3

01/27/2014
09:21AM

Air System Information

Air System Name DOME	Number of zones 1
Equipment Class CW AHU	Floor Area 5120.0 ft ²
Air System Type SZCAV	Location SPMT, Mexico

Sizing Calculation Information

Zone and Space Sizing Method:	
Zone CFM Sum of space airflow rates	Calculation Months Jan to Dec
Space CFM Individual peak space loads	Sizing Data Calculated

Central Cooling Coil Sizing Data

Total coil load 23.9 Tons	Load occurs at Aug 1500
Total coil load 286.7 MBH	OA DB / WB 86.0 / 80.0 °F
Sensible coil load 108.5 MBH	Entering DB / WB 70.4 / 66.0 °F
Coil CFM at Aug 1500 8000 CFM	Leaving DB / WB 52.6 / 52.4 °F
Max block CFM 8000 CFM	Coil ADP 50.6 °F
Sum of peak zone CFM 8000 CFM	Bypass Factor 0.100
Sensible heat ratio 0.379	Resulting RH 82 %
ft ² /Ton 214.3	Design supply temp. 53.6 °F
BTU/(hr-ft ²) 56.0	Zone T-stat Check 1 of 1 OK
Water flow @ 10.0 °F rise 57.37 gpm	Max zone temperature deviation 0.0 °F

Central Heating Coil Sizing Data

Max coil load 150.3 MBH	Load occurs at Des Htg
Coil CFM at Des Htg 8000 CFM	BTU/(hr-ft ²) 29.4
Max coil CFM 8000 CFM	Ent. DB / Lvg DB 34.7 / 59.4 °F
Water flow @ 20.0 °F drop 15.04 gpm	

Supply Fan Sizing Data

Actual max CFM 8000 CFM	Fan motor BHP 4.38 BHP
Standard CFM 5656 CFM	Fan motor kW 3.48 kW
Actual max CFM/ft ² 1.56 CFM/ft ²	Fan static 2.00 in wg

Outdoor Ventilation Air Data

Design airflow CFM 0 CFM	CFM/person 0.00 CFM/person
CFM/ft ² 0.00 CFM/ft ²	

6.3 CARRIER PRODUCT DATA FOR 42BHE AIRSTREAM FAN-COIL UNIT

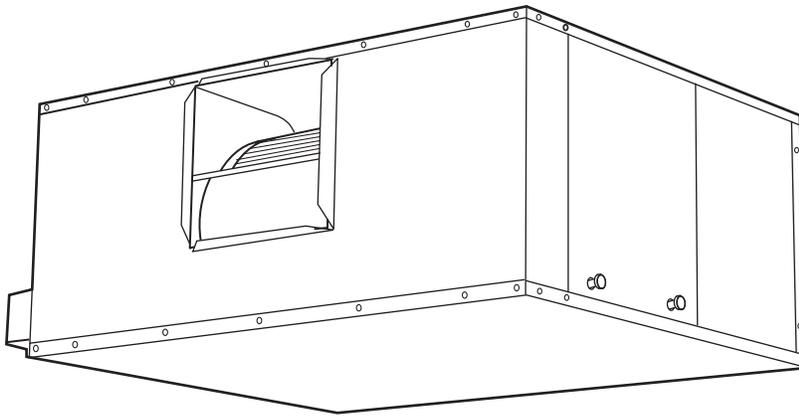


Product Data

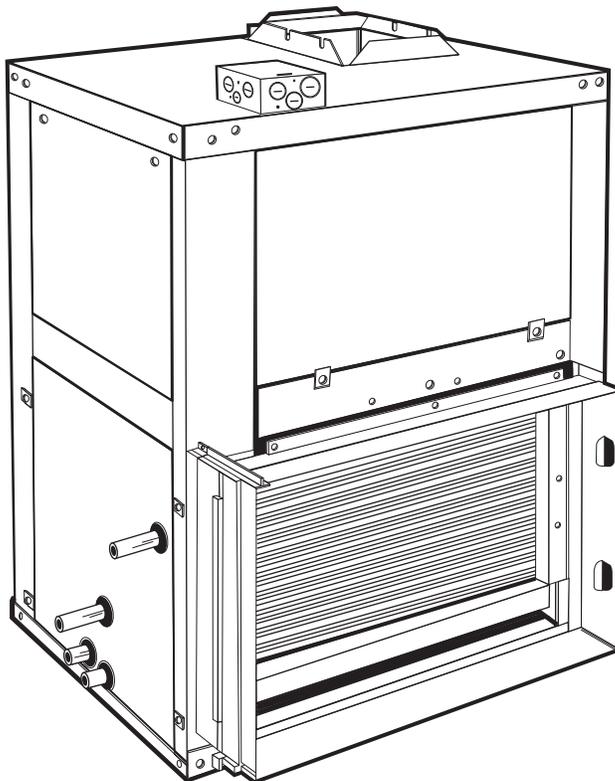
AIRSTREAM™ 42BHE, BVE06-40 System Fan Coils

600 to 4000 Nominal cfm

AIRSTREAM™



42BHE UNIT



42BVE UNIT

Carrier's versatile belted fan coil units satisfy design requirements:

- A selection of 8 sizes covers nominal capacities from 600 to 4000 cfm
- Choice of motors, from 1/4 to 5 hp, eliminates oversizing
- Wide range of coil options for 2-pipe or 4-pipe systems
- Optional DX (direct expansion) coils with expansion valve and distributor
- Single and three-phase electric heat (1.0 to 39.9 kW)

Features/Benefits

The 42BHE, BVE belt drive fan coil units provide year-round comfort air conditioning with central station operating economy.

A variety of coil options reduces first cost

Four, 6 or 8-row cooling coils combine needed capacities with the most efficient heat transfer surface. For 4-pipe systems, select from two split-coil options. Standard coils consist of aluminum fins securely bonded to 1/2-in. OD seamless copper tubes. Each fin's aluminum collar ensures accurate control of the fin spacing, while completely covering the tubes to lengthen coil life. All coils also feature manual air vents, with optional automatic air vents available. Special coils are also available with stainless steel end sheets and bottom coil baffles. For custom applications, special coils are available with lower pressure drops.

Physical data

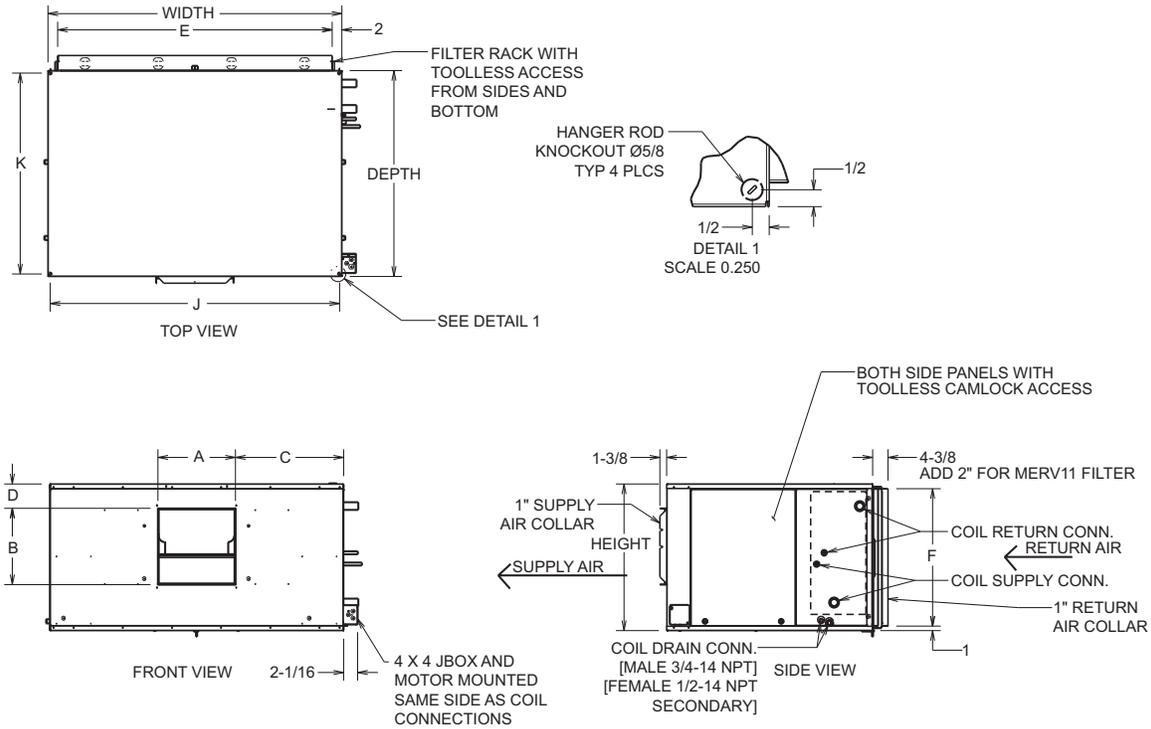


UNIT SIZE 42BHE, BVE	06	08	10	12	16	20	30	40
NOMINAL CFM	600	800	1000	1200	1600	2000	3000	4000
42BHE OPERATING WT (lb) (no heat/ with heat)	235/266	269/268	292/327	296/329	360/395	404/440	505/542	637/674
42BVE OPERATING WT (lb) (no heat/ with heat)	232/263	234/265	283/316	287/320	337/371	412/448	504/541	606/644
FILTERS (2 in. pleated) Number...Size (in.) Face Area (sq ft)	1...16 ¹ / ₂ x 24 2.8	1...16 ¹ / ₂ x 24 2.8	1...18 ¹ / ₄ x 33 4.2	1...18 ¹ / ₄ x 33 4.2	2...18 ¹ / ₄ x 21 ¹ / ₂ 5.5	2...20 ³ / ₄ x 22 6.3	2...29 x 22 8.9	2...29 x 29 11.7
HYDRONIC COILS Size (in.) Face Area (sq ft) Fins per inch Coil Water Volume (approx. gal. per row of coil)	15 x 20 2.1	15 x 20 2.1	15 x 29 3.0	15 x 29 3.0	15 x 39 4.1	18 x 40 4.9	27 x 40 7.7	27 x 54 10.3
FANS Qty...Size (in.)	1...9 x 4	1...9 x 6	1...10 x 4	1...10 x 7	1...11 x 10	1...12 x 9	1...12 x 12	1...15 x 12
HYDRONIC COIL CONN. (in.) 8 Row (Cooling) 4 and 6 Row (Cooling) 1 Row (Heating) 2 Row (Heating)	1 nominal, 1.125 OD						1 ¹ / ₂ nominal, 1.625 OD	
	3/4 nominal, 0.875 OD				1 nominal, 1.125 OD		1 ¹ / ₂ nominal, 1.625 OD	
	1/2 nominal, 0.625 OD				1 nominal, 1.125 OD		1 ¹ / ₂ nominal, 1.625 OD	
	1/2 nominal, 0.625 OD				1 nominal, 1.125 OD		1 ¹ / ₂ nominal, 1.625 OD	
DX COIL CONN. LIQUID LINE (in.)	1/4 nominal, 0.375 OD						1/2 nominal, 0.625 OD	
DX COIL CONN. SUCTION LINE (in.)	3/4 nominal, 0.875 OD				1 nominal, 1.125 OD		1 ¹ / ₂ nominal, 1.625 OD	
DRAIN CONN. SIZES (in.)	3/4 MPT							

Base unit dimensions



42BHE FAN COIL BASE UNIT (NO CONTROLS)



UNIT 42BHE	DIMENSIONS (in.)											
	Fan Size	Depth	Width	Height	Supply Duct				Return Duct		Mounting Holes	
					A	B	C	D	E	F	J	K
06	9 x 4	36	28	19 ³ / ₄	7 ¹ / ₈	10 ¹ / ₂	14 ¹ / ₂	2 ¹ / ₄	24	16 ¹ / ₂	27 ¹ / ₄	35 ¹ / ₄
08	9 x 6	36	28	19 ³ / ₄	8 ¹ / ₂	10 ¹ / ₂	13 ⁷ / ₈	2 ¹ / ₄	24	16 ¹ / ₂	27 ¹ / ₄	35 ¹ / ₄
10	10 x 4	37 ¹ / ₂	37	21 ¹ / ₂	7 ¹ / ₈	11 ⁵ / ₈	15 ¹ / ₄	2 ¹ / ₄	33	18 ¹ / ₄	36 ¹ / ₄	37
12	10 x 7	37 ¹ / ₂	37	21 ¹ / ₂	10	11 ⁵ / ₈	13 ⁷ / ₈	2 ¹ / ₄	33	18 ¹ / ₄	36 ¹ / ₄	37
16	11 x 10	37 ³ / ₄	47	21 ¹ / ₂	13 ³ / ₈	12 ³ / ₄	16 ³ / ₄	2 ¹ / ₄	43	18 ¹ / ₄	46 ¹ / ₄	37
20	12 x 9	40 ¹ / ₄	48	24	12 ¹ / ₂	13 ³ / ₄	17 ³ / ₄	2 ¹ / ₄	44	20 ³ / ₄	47 ¹ / ₄	39 ¹ / ₂
30	12 x 12	40 ¹ / ₄	48	32 ¹ / ₄	15 ⁷ / ₈	13 ³ / ₄	16	7 ¹ / ₄	44	29	47 ¹ / ₄	39 ¹ / ₂
40	15 x 12	43 ¹ / ₂	62	32 ¹ / ₄	16 ¹ / ₂	16 ¹ / ₈	22 ³ / ₄	6 ¹ / ₄	58	29	61 ³ / ₄	42 ¹ / ₂

NOTES:

1. All dimensions are in inches ($\pm 1/4$ in.).
2. Any modifications to product specifications by any person are subject to acceptance of the factory. Product specifications are subject to change without notice.
3. Right hand shown, left hand opposite.
4. Hanger rods, which are field-supplied, are shown for reference only.
5. Control box size and position may vary.
6. "C" dimension is measured from coil side of the unit.

42BHE, BVE NOMINAL COOLING CAPACITIES

UNIT SIZE 42BHE,BVE	NOMINAL CFM	COOLING CAPACITY (MBtuh)		HEATING CAPACITY (MBtuh)	
		Total	Sensible	Hydronic	Max Electric
06	600	17.9 - 26.8	13.8 - 18.1	13.2 - 38.3	20
08	800	21.9 - 33.8	17.5 - 23.3	15.9 - 47.1	27
10	1000	31.6 - 46.4	23.7 - 31.0	21.8 - 62.8	34
12	1200	35.5 - 53.3	27.2 - 36.1	24.2 - 70.1	41
16	1600	46.5 - 71.4	35.9 - 48.3	31.4 - 94.2	55
20	2000	59.1 - 90.0	45.1 - 60.6	38.9 - 114.7	68
30	3000	87.8 - 135.1	67.6 - 91.1	56.3 - 174.9	102
40	4000	123.8 - 185.8	92.9 - 123.8	78.2 - 237.2	137

LEGEND

MBtuh — Btuh in Thousands

NOTES:

- Nominal cooling capacity range is based on 80 F dry bulb and 67 F wet bulb EAT (entering air temperature), 45 F EWT (entering water temperature) with 10 F water temperature rise for 4, 6, and 8 row coils.
- Nominal heating capacity range is based on 70 F EAT, 140 F to 180 F EWT with 20 F water temperature drop for 1 and 2 row coils.
- Electric heat capacity limit varies by power source.

42BHE,BVE COMPONENT STATIC RESISTANCE (in. wg)

42BHE,BVE UNIT SIZE	NOMINAL CFM	CABINET	WET COIL			DRY COIL					1-in. PLEATED MERV 8 FILTER	TWO 1-in. THROWAWAY FILTERS	2-in. PLEATED MERV 8 FILTER	2-in. PLEATED MERV 11 FILTER	MIXING BOX
			4 Row	6 Row	8 Row	1 Row	2 Row	4 Row	6 Row	8 Row					
06	400	0.02	0.08	0.12	0.16	0.01	0.02	0.04	0.06	0.08	0.03	0.02	0.03	0.06	0.02
	500	0.03	0.13	0.19	0.25	0.01	0.03	0.06	0.09	0.12	0.05	0.03	0.04	0.09	0.03
	600	0.04	0.18	0.27	0.36	0.02	0.04	0.08	0.13	0.17	0.08	0.04	0.06	0.12	0.04
	700	0.06	0.25	0.37	0.50	0.03	0.06	0.12	0.17	0.23	0.10	0.06	0.08	0.17	0.06
	800	0.08	0.32	0.49	0.65	0.04	0.08	0.15	0.23	0.30	0.14	0.08	0.11	0.22	0.08
08	600	0.04	0.18	0.27	0.36	0.02	0.04	0.08	0.13	0.17	0.08	0.04	0.06	0.12	0.04
	700	0.06	0.25	0.37	0.50	0.03	0.06	0.12	0.17	0.23	0.10	0.06	0.08	0.17	0.06
	800	0.08	0.32	0.49	0.65	0.04	0.08	0.15	0.23	0.30	0.14	0.08	0.11	0.22	0.08
	900	0.10	0.41	0.61	0.82	0.05	0.10	0.19	0.29	0.38	0.17	0.10	0.14	0.28	0.10
	1000	0.12	0.51	0.76	1.01	0.06	0.12	0.24	0.35	0.47	0.21	0.12	0.17	0.34	0.12
10	800	0.04	0.15	0.23	0.31	0.02	0.04	0.07	0.11	0.14	0.07	0.04	0.06	0.12	0.04
	900	0.05	0.19	0.29	0.39	0.02	0.05	0.09	0.14	0.18	0.09	0.05	0.07	0.15	0.05
	1000	0.06	0.24	0.36	0.48	0.03	0.06	0.11	0.17	0.22	0.11	0.06	0.09	0.18	0.06
	1100	0.08	0.29	0.44	0.58	0.03	0.07	0.14	0.20	0.27	0.14	0.08	0.11	0.22	0.08
	1200	0.09	0.35	0.52	0.69	0.04	0.08	0.16	0.24	0.32	0.16	0.09	0.13	0.26	0.09
12	1000	0.06	0.24	0.36	0.48	0.03	0.06	0.11	0.17	0.22	0.11	0.06	0.09	0.18	0.06
	1100	0.08	0.29	0.44	0.58	0.03	0.07	0.14	0.20	0.27	0.14	0.08	0.11	0.22	0.08
	1200	0.09	0.35	0.52	0.69	0.04	0.08	0.16	0.24	0.32	0.16	0.09	0.13	0.26	0.09
	1300	0.11	0.41	0.61	0.81	0.05	0.09	0.19	0.28	0.38	0.19	0.11	0.15	0.31	0.11
	1400	0.13	0.47	0.71	0.94	0.05	0.11	0.22	0.33	0.44	0.22	0.13	0.17	0.36	0.13
16	1400	0.07	0.26	0.39	0.52	0.03	0.06	0.12	0.18	0.24	0.13	0.07	0.10	0.21	0.07
	1500	0.09	0.30	0.45	0.60	0.03	0.07	0.14	0.21	0.28	0.15	0.09	0.12	0.24	0.09
	1600	0.10	0.34	0.51	0.68	0.04	0.08	0.16	0.24	0.32	0.17	0.10	0.13	0.27	0.10
	1700	0.11	0.38	0.58	0.77	0.04	0.09	0.18	0.27	0.36	0.19	0.11	0.15	0.31	0.11
	1800	0.12	0.43	0.65	0.86	0.05	0.10	0.20	0.30	0.40	0.21	0.12	0.17	0.35	0.12
20	1800	0.12	0.30	0.45	0.60	0.03	0.07	0.14	0.21	0.28	0.13	0.08	0.10	0.21	0.07
	1900	0.13	0.34	0.50	0.67	0.04	0.08	0.16	0.23	0.31	0.14	0.08	0.12	0.24	0.08
	2000	0.14	0.37	0.56	0.74	0.04	0.09	0.17	0.26	0.35	0.16	0.09	0.13	0.26	0.09
	2100	0.16	0.41	0.61	0.82	0.05	0.10	0.19	0.29	0.38	0.18	0.10	0.14	0.29	0.10
	2200	0.17	0.45	0.67	0.90	0.05	0.10	0.21	0.31	0.42	0.19	0.11	0.16	0.32	0.11
	2300	0.19	0.49	0.74	0.98	0.06	0.11	0.23	0.34	0.46	0.21	0.12	0.17	0.35	0.12
	2400	0.21	0.54	0.80	1.07	0.06	0.12	0.25	0.37	0.50	0.23	0.13	0.19	0.38	0.13
30	2400	0.11	0.22	0.33	0.43	0.03	0.05	0.10	0.15	0.20	0.13	0.07	0.10	0.21	0.07
	2600	0.13	0.25	0.38	0.51	0.03	0.06	0.12	0.18	0.24	0.15	0.09	0.12	0.24	0.09
	2800	0.15	0.29	0.44	0.59	0.03	0.07	0.14	0.21	0.27	0.17	0.10	0.14	0.28	0.10
	3000	0.18	0.34	0.51	0.68	0.04	0.08	0.16	0.24	0.31	0.20	0.12	0.16	0.32	0.11
	3200	0.20	0.39	0.58	0.77	0.04	0.09	0.18	0.27	0.36	0.23	0.13	0.18	0.37	0.13
	3400	0.23	0.43	0.65	0.87	0.05	0.10	0.20	0.30	0.40	0.25	0.15	0.20	0.42	0.15
40	3400	0.13	0.24	0.36	0.48	0.03	0.06	0.11	0.17	0.22	0.15	0.09	0.12	0.24	0.08
	3600	0.15	0.27	0.40	0.54	0.03	0.06	0.12	0.19	0.25	0.16	0.10	0.13	0.27	0.09
	3800	0.16	0.30	0.45	0.60	0.03	0.07	0.14	0.21	0.28	0.18	0.11	0.15	0.30	0.11
	4000	0.18	0.33	0.50	0.66	0.04	0.08	0.15	0.23	0.31	0.20	0.12	0.16	0.33	0.12
	4200	0.20	0.36	0.55	0.73	0.04	0.08	0.17	0.25	0.34	0.22	0.13	0.18	0.37	0.13
	4400	0.22	0.40	0.60	0.80	0.05	0.09	0.19	0.28	0.37	0.25	0.14	0.20	0.40	0.14

NOTE: Use dry coil and clean filter static resistance to determine motor selection.

6.4 VENTILATION DOOR – INSULATED COILING ROLL-UP STEEL DOORS

DURACOIL™



DuraCoil, gray, with flat steel slats

R U G G E D

D U R A B L E

R E L I A B L E



VISIT US AT: WWW.RAYNOR.COM

CALL: 800-4-RAYNOR

DURACOIL™

ROLLING SERVICE DOORS

Rugged DuraCoil service doors—with aluminum, steel or stainless steel slats—are made to last. When you want the best, specify DuraCoil.

Flat Slat (FF)

Offers full visual access, multiple glazing options and windload resistance in a rolling steel door designed to fit in a variety of opening sizes.

Perforated Flat Slat (FP)

Engineered for security, DuraCoil Perforated Flat Slat doors provide maximum ventilation and visibility.

Insulated Flat Slat (IF)

Available in several sizes, DuraCoil Insulated Flat Slat doors offer thermal efficiency, combined with superior visual access, glazing options and windload resistance.

Large-C Slat (LC)

Designed to withstand heavy use, DuraCoil Large-C Slat doors provide optimum security and windload resistance while accommodating most opening sizes.

Light-Duty Flat Slat (LFF)

Provides the security of a rolling steel door for projects with limited budgets.

Small-C Slat (SC)

DuraCoil Small-C Slat doors offer optimum security and windload resistance in a rolling steel door built to withstand the demands of high-traffic entryways.



MODEL	Guides	Slat Profile	Slat Material (Thickness)	Maximum Width	Color/Finish
FF	Structural Steel Angles	Flat	Steel 24, 22, 20, 18 gauge	40'	Gray, Tan, or ArmorBrite Painted Galvanized Finish White Painted (24, 22, 20 gauge)
			Stainless Steel 22, 20 gauge	30'	#4 Finish
			Aluminum 18, 16 gauge	30'	Clear Anodize or Bronze Anodize
FP	Structural Steel Angles	Perforated Flat	Steel 22, 20 gauge	30'	Gray or ArmorBrite Painted
			Aluminum 18, 16 gauge	30'	Clear Anodize or Bronze Anodize
IF	Structural Steel Angles	Insulated Flat	Stainless Steel 22, 20 gauge	32'	#4 Finish
			Steel 24, 22, 20, 18 gauge	40'	Gray, Tan or ArmorBrite Painted Galvanized Finish White Painted (24, 22, 20 gauge)
			Aluminum 18, 16 gauge	30'	Clear Anodize or Bronze Anodize
SC	Structural Steel Angles	Small Curve	Steel 22, 20 gauge	16'	Gray or ArmorBrite Painted
LC	Structural Steel Angles	Large Curve	Steel 22, 20, 18 gauge	40'	Gray or ArmorBrite Painted
LFF	Roll-Formed	Light-Duty Flat	Steel 24 gauge	14'	Gray or Tan Painted

NOTE Contact factory for special sizes.

WARRANTY DuraCoil service doors carry a 1-year limited warranty. See your local Raynor Dealer for complete details.

Meeting Commercial Door Needs for More Than 60 Years

Every DuraCoil door is built for superior performance and includes the features listed below. For additional options, please see the inside pages.



1

Curtain hood.

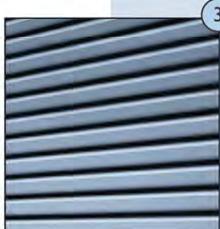
DuraCoil service doors feature a full-width, 24-gauge steel hood to protect your investment. Optional on DuraCoil model LFF.



2

Counterbalance system.

A smooth-running, torsion-spring-operated system is packed into each barrel assembly. Industrial head plates and bearings provide long cycle life.



3

Curtain.

Each DuraCoil curtain is assembled with durable, heavy-gauge slats in a variety of materials and gauges.



4

***Guides and end locks.**

Rugged structural steel angle guides provide maximum support for curtain slats. Zinc-plated, malleable cast-iron end locks prevent lateral movement of the curtain slats.



5

Bottom bar.

Curtain bottoms are structurally reinforced with a minimum of two steel angles for maximum durability. A bottom astragal is included on all doors.



6

Security locks.

To keep your building secure, manually-operated DuraCoil doors are equipped with slide locks.

*DuraCoil model LFF doors are supplied with roll-formed guides and stamped metal end locks.

APPLICATION GUIDE

	Flat Slat	Perforated Flat Slat	Insulated Flat Slat	Large-C Slat	Light-Duty Flat Slat	Small-C Slat
Agricultural Buildings	●	○	●	◐	○	○
Cafeteria/Concessions	◐	●				
Car Wash/Corrosive Environments	●		◐			
Commercial/Multi-Tenant	●	○	●	●	○	◐
Fire Station/Ambulance	○		○	○		
High Security	●	◐	●	●		○
Large Opening Size	●		●	●		
Mining, Pulp & Paper	●	○	●	●		○
Service Station	●		●	◐	○	◐
Shopping Mall/Retail	◐	○	◐	◐	○	◐
Thermal Environments			●			
Transit Facility/Truck Terminal	●	○	●	●	○	◐
Underground Parking	◐	●		◐		◐
Noninsulated Storage	◐			◐	●	◐
Warehouse/Manufacturing	●	○	●	●	○	◐

● Best ○ Good ◐ Applicable

COMMERCIAL OPERATORS



ControlHoist



PowerHoist

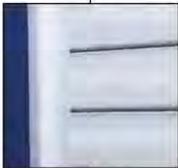


Commercial Operators
 Raynor ControlHoist™ (with solid state logic board control) and PowerHoist™ operators are available in a variety of motor, voltage, and phase combinations for any commercial or industrial application. Contact your local Raynor Authorized Dealer to select the operator and accessories that are suited for your door's size and usage.

ENERGY-SAVING OPTIONS



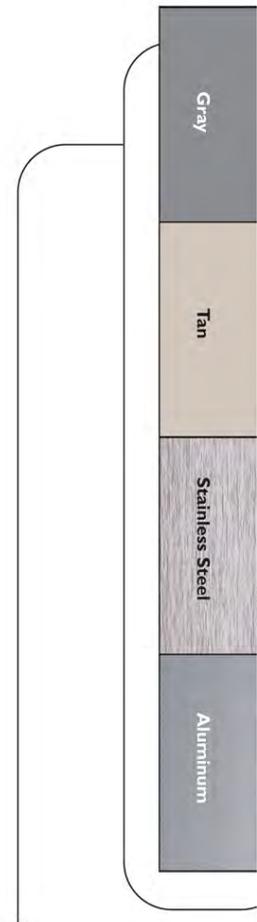
Hood weatherseal.
 A reinforced neoprene sheet rests on the curtain to minimize air infiltration. A header brush seal is also available.



Vinyl guide seal.
 A vinyl extrusion decreases energy costs and reduces air infiltration by sealing the side of the door when closed.



Brush guide seal.
 A brush-type seal increases the energy efficiency of curved slat doors.



For DuraCoil door color options, please refer to the chart above.