

GRUPO AEROPORTUARIO
DE LA CIUDAD DE MÉXICO

Reporte 5
31.Diciembre.2017

Mexico City Airport Trust
Reporte de Bono Verde
del NAICM

Publicación: 31 de enero de 2018



NAICM
AIRPORT PROGRAM
PARSONS PROJECT MANAGEMENT OFFICE

1. Introducción

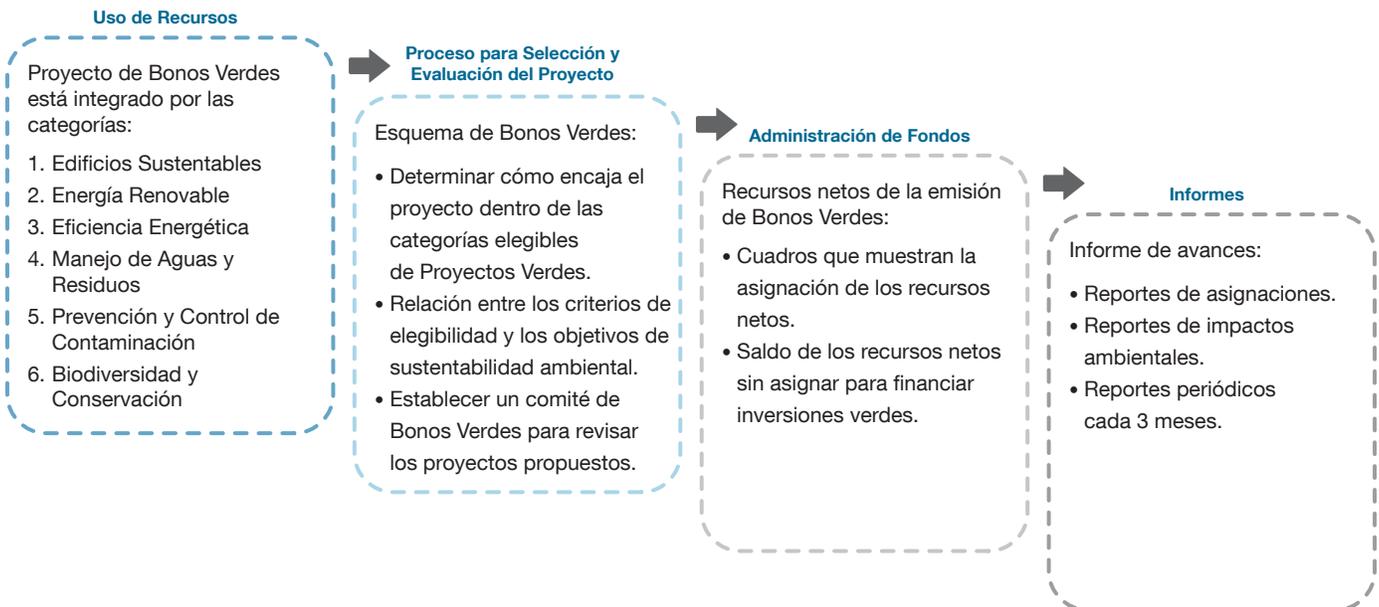
Grupo Aeroportuario de la Ciudad de México, S.A. de C.V. (GACM), es responsable de la preparación y presentación del marco de referencia fechado el 6 de septiembre de 2016, el cual cubrirá la emisión de los Bonos Verdes del Mexico City Airport Trust.

Por cada Bono Verde emitido por el Mexico City Airport Trust, GACM afirma que utilizará los criterios de elegibilidad, procesos y políticas sobre el uso de los recursos para (i) evaluación y selección de proyectos (ii) manejo de los fondos (iii) reportes y (iv) validación externa, tal y como se establece en el marco de referencia de Bonos Verdes del NAICM como se muestra en la Figura 1.

Este reporte presenta un panorama de los trabajos verdes que se realizan actualmente para el desarrollo del Aeropuerto, prestando particular atención a los elementos del diseño actual, la construcción inicial y actividades de preparación del sitio.

El reporte será actualizado trimestralmente para informar sobre las actividades específicas que hayan ocurrido durante el periodo correspondiente al reporte y para mostrar el avance de los indicadores de desempeño.

Figura 1 - Marco de Referencia Bono Verde del NAICM



2. Categorías Elegibles para Bonos Verdes

Las categorías de elegibilidad están centradas en la planeación, diseño y construcción del proyecto NAICM de acuerdo a las mejores prácticas de edificios verdes y estándares ambientales.

Fueron seleccionadas seis categorías para describir las diferentes áreas de sustentabilidad enfocadas a los alcances del proyecto, estas se encuentran descritas a continuación:

- **Categorías de Elegibilidad**

1. Edificios Sustentables
2. Energía Renovable
3. Eficiencia Energética
4. Manejo de Aguas y Residuos
5. Prevención y Control de Contaminación
6. Biodiversidad y Conservación



El proyecto se basará en los criterios y estrategias para el cumplimiento del sistema de calificación de Liderazgo en Diseño Energético y Ambiental versión 4 (LEED v4 por sus siglas en inglés). Este sistema de valuación busca mejorar los diseños arquitectónicos e ingenieriles así como los procesos constructivos para reducir los daños al ambiente causados por el edificio y sus ocupantes, mejorar la calidad del ambiente interior y minimizar los impactos a los ecosistemas. Cuatro de los edificios del aeropuerto están siendo diseñados y construidos para cumplir los requerimientos LEED, en particular los 743,000 m² del Edificio Terminal de Pasajeros.

El Proyecto elaboró una *Manifestación de Impacto Ambiental* (MIA), la cual es requerida para todo nuevo proyecto de gran tamaño de acuerdo con los requerimientos de la SEMARNAT (*Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales*). La MIA es un instrumento de política ambiental en el cual se presenta toda la información relevante a las condiciones medioambientales del sitio, con el análisis y descripción de los trabajos y actividades que podrían afectar el equilibrio ecológico y ambiental.

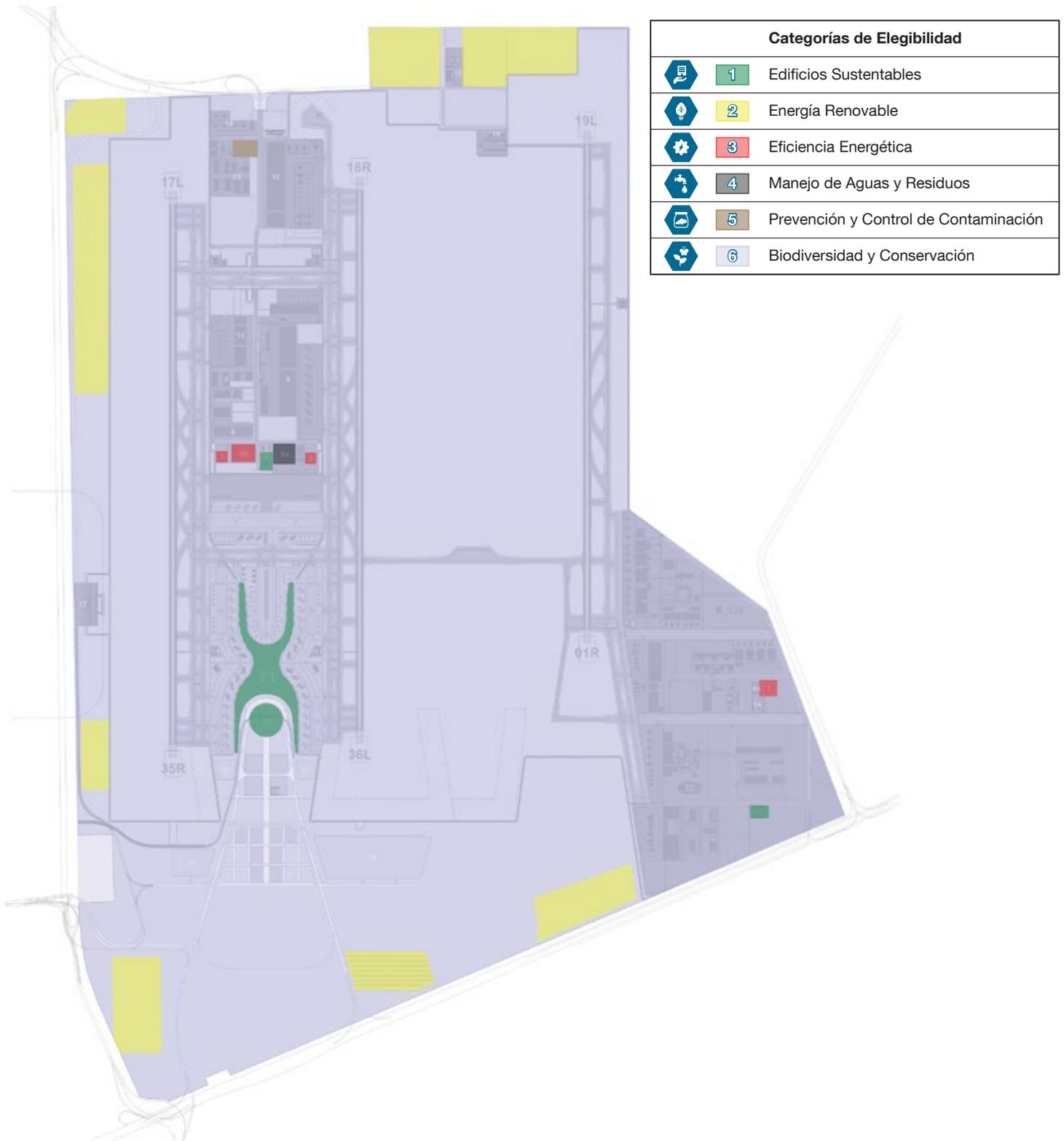


Figura 2 - El polígono del sitio muestra las ubicaciones de los elementos principales elementos del programa por categoría.

2.1. Descripción de las Categorías

Cada contrato deberá cumplir con al menos uno de los siguientes criterios de elegibilidad:

1. Edificios Sustentables:

Cualquier contrato para edificios nuevos o existentes;

- (i) que haya recibido, o espere recibir en base a su diseño, construcción y planes de operación, la certificación por parte de un tercero, que verifique los estándares verdes de construcción como LEED (plata o superior), o un esquema de valuación equivalente;
- (ii) que haya logrado, basado en la evaluación de un tercero, una reducción en el consumo de energía de al menos 15%, en relación a los estándares y estudios de referencia de la industria, como ASHRAE 90.1 o equivalente.

2. Energía Renovable:

Desarrollo, construcción, instalación, operación y mejoras de;

- (i) equipo o instalaciones totalmente dedicados a la generación de energía renovable; o
- (ii) infraestructura dedicada en su totalidad a la transmisión de energía proveniente de fuentes renovables.

Los contratos deberán cumplir las definiciones de energía renovable, esbozadas en la Ley de Transición Energética, y podrán incluir energía eólica, solar, de mareas, geotérmica, biomasa, y proyectos hidroeléctricos de las corrientes de los ríos.

3. Eficiencia Energética:

Desarrollo, construcción, instalación, operación y mejoras de cualquier proyecto (producto o tecnología), que reduzca el consumo de energía o mejore la eficiencia de los recursos en la gestión y operación del aeropuerto, incluyendo pero no limitado a;

- (i) proyectos que permitan el monitoreo y modelaje del desempeño energético, tales como el diseño e instalación de controles digitales, sensores o sistemas de información de edificios; o
- (ii) proyectos que optimicen la cantidad y temporalidad del consumo energético, y minimicen los picos de carga, como son el diseño e instalación de sistemas para medición, eliminación de picos de carga o alternar combustibles; o
- (iii) proyectos que involucren la instalación, mantenimiento o reemplazo de equipos para calefacción eficiente, ventilación, aire acondicionado, refrigeración, iluminación y electricidad.

4. Manejo de Aguas y Residuos:

Desarrollo, construcción, instalación, operación y mejoras de cualquier proyecto (producto o tecnología) que reduzca el consumo de agua o mejore la eficiencia de los recursos en la gestión y operación del aeropuerto, incluyendo pero no limitado a;

- (i) instalaciones nuevas o existentes que sean usadas para recolectar, tratar, reciclar o reusar el agua, agua de lluvia o aguas residuales;
- (ii) infraestructura para la prevención y protección de inundaciones, manejo de aguas pluviales como humedales, bermas de retención, embalses, lagunas, sistemas de drenaje, túneles y canales.

5. Prevención y Control de Contaminación:

Desarrollo, construcción, instalación, operación y mejoras de cualquier proyecto (producto o tecnología) que reduzca y maneje los residuos generados en la gestión y operación del aeropuerto, incluyendo pero no limitado a;

- (i) instalaciones nuevas o existente, sistemas y equipo que sean usados para recolectar, tratar, reusar o reciclar desechos sólidos, residuos peligrosos o suelo contaminado; o
- (ii) instalaciones nuevas o existentes, sistemas y equipo que se utilicen para evitar el depósito de residuos en tiraderos y reducir las emisiones por transporte de residuos.

6. Biodiversidad y Conservación:

Cualquier proyecto para;

- (i) reforestación y restauración ecológica; o
- (ii) creación y protección de bosques y humedales; o
- (iii) monitoreo y mitigación de impactos adversos en la flora y fauna, tales como impactos potenciales por la contaminación del ruido y la construcción.

3. Resumen de Utilización de Fondos

Descripción	Monto
Recursos Netos recibidos de Bonos Verdes	\$5,764,394,697

Resumen del Importe Total Gastado por Categoría (USD)						
Categoría	1	2	3	4	5	6
USD	 Edificios Sustentables	 Energía Renovable	 Eficiencia Energética	 Manejo de Agua y Residuos	 Prevención y Control de Contaminación	 Biodiversidad y Conservación
Desembolsos	\$470,157,714.64	\$420,133.53	\$13,264.49	\$19,133,963.08	\$46,917,541.39	\$21,786,222.38
Total	\$558,428,839.52					

Descripción	Monto
Saldo por Aplicar del Bono Verde	\$5,205,965,857.48

Nota: Los valores son mostrados en dólares. El tipo de cambio usado de pesos a dólares es el tipo de cambio aplicable en el momento por cada monto pagado.

4. Características del diseño sustentable del proyecto del NAICM

4.1. Introducción

El sistema de evaluación LEED versión 4 tiene beneficios sustentables que trascienden la escala del megaproyecto del NAICM. El proyecto se alinea con los compromisos internacionales sobre la reducción de gases de efecto invernadero, que se aprobaron en el Acuerdo de París en la Conferencia de las Naciones Unidas (COP21). Mientras que a nivel nacional la edificación del NAICM está promoviendo que los fabricantes de productos locales mejoren sus procesos productivos y obtengan certificaciones para productos amigables con el medio ambiente, como por ejemplo: Declaraciones Ambientales de Productos (EPD por sus siglas en inglés) o la Declaración de Salubridad de Productos (HPD por sus siglas en inglés). De este modo, LEED está ayudando a generar oportunidades de producción a nivel nacional para aumentar el número de industrias que empleen técnicas y prácticas de construcción ambientalmente amigables y reduzcan el impacto de proyectos de tal magnitud como el NAICM y otros proyectos nacionales e internacionales en el futuro.

4.2. Breve descripción de LEED

El sistema de evaluación LEED versión 4, certifica el desempeño energético y sustentable del diseño y construcción de edificios comerciales mediante nueve categorías organizadas en *prerrequisitos* y *créditos*. Los *prerrequisitos* son criterios mínimos de sustentabilidad obligatorios, mientras que los *créditos* ofrecen diversas opciones y otorgan diferentes puntos para lograr el nivel de certificación deseado. En la figura 3 se muestran el número de *prerrequisitos* y *créditos* que conforman cada una de las nueve categorías, así como el número total de puntos que es posible obtener cumpliendo todas las especificaciones que se describen en la guía LEED.



Figura 3 - Categorías LEED

Categorías LEED



Este sistema de evaluación tiene cuatro niveles de certificación de edificios que dependen de la puntuación que desea alcanzar el cliente y el equipo de diseño:

- Certificación (40-49 puntos)
- Plata (50-59 puntos)
- Oro (60-79 puntos)
- Platino (80 puntos y más)

El sistema de evaluación LEED v4 es un sistema que se desglosa en diferentes estrategias sustentables que se deben de implementar en el diseño y construcción de un proyecto. Este sistema se compone de nueve categorías para las estrategias:


Proceso Integrado
 Esta categoría promueve la integración desde las etapas tempranas del diseño, cuando se definen las aspiraciones del propietario, las metas de desempeño, y las necesidades del proyecto. A través del proceso integrado los equipos de proyecto pueden identificar sinergias entre sistemas. Estas sinergias se utilizan para optimizar y enfatizar el diseño y procesos de construcción para ofrecer ahorros de costo y cronograma a corto y largo plazo, por medio de la mitigación en los cambios del proyecto.


Ubicación y Transporte
 Esta categoría busca que los proyectos se ubiquen en zonas que tengan la infraestructura y transporte necesario para servir a las instalaciones. Para el transporte, el sistema de evaluación apoya a la movilidad de los ocupantes de edificios y usuarios a través de medios de transporte alternativo como infraestructura para bicicletas y buenas conexiones en el sistema de transporte público. De igual manera, se promueve el contar con una proximidad de amenidades necesarias y útiles para los ocupantes con el fin de reducir los impactos asociados con la construcción de dichos servicios de soporte.



Sitios Sustentables

Esta categoría se enfoca en la reducción del impacto ambiental desde el proceso de diseño hasta la construcción. El objetivo es fomentar una interacción ambientalmente amigable entre los edificios y su entorno. Algunas de las estrategias que plantea esta categoría son:

- Prevenir la contaminación por actividades de construcción.
- Evaluar los impactos particulares del proyecto al medio ambiente.
- Preservar las zonas ambientalmente protegidas; mantener y fomentar espacios naturales.
- Gestionar adecuadamente el agua pluvial, reducir el efecto isla de calor y la contaminación lumínica.



Consumo Eficiente de Agua

El propósito de esta categoría es impulsar que los proyectos tengan una reducción de consumo de agua interna y externa. Esta categoría estipula que se tiene que llevar a cabo un análisis de consumo de agua desde la fase de diseño para comprender los beneficios de implementar tecnologías en la reducción o reutilización del consumo de agua, con niveles distintos de calidad para los sistemas que no requieren agua potable. La implementación de medidores de agua permite que exista una gestión activa del uso de agua, y ayuda a detectar fugas y fallas.



Energía y Atmosfera

Esta categoría promueve reducción de consumo de energía en los edificios y posee la mayoría de puntos disponibles dentro del sistema de evaluación. La mayoría de puntos están asociados con el desarrollo de un modelo de simulación de energía para determinar los ahorros de costo energéticos por medio de métodos de conservación de energía o adopción de energía renovable. Las estrategias que se implementan en esta categoría miden los niveles de uso de energía y siguen las mejores prácticas en la gestión de refrigerantes para disminuir el ozono y la liberación de gases de efecto invernadero.

Otro aspecto importante dentro de esta categoría es el comisionamiento de todos los sistemas principales de los edificios (aire acondicionado y calefacción, eléctrico, plomería, energías renovables y controles asociados). El proceso de comisionamiento lo lleva a cabo una autoridad verificadora encargada de confirmar que todos los sistemas operen adecuadamente y cumplan de una manera anticipada con los Requerimientos el Propietario y del Diseño (por sus siglas en inglés OPR).



Materiales y Recursos

Esta categoría se enfoca en minimizar el consumo energético y otros impactos asociados con la extracción, procedimientos, transporte, mantenimiento y disposición de materiales de construcción. Las estrategias proponen realizar un ciclo de análisis de vida para mejorar el desempeño y promover la eficiencia en el consumo de recursos.



Calidad Ambiental Interior

En esta categoría busca mejorar la calidad ambiental interior (por sus siglas en inglés IEQ) para ayudar a mejorar las experiencias, bienestar y productividad de los ocupantes. Hay estrategias importantes que se consideran para el confort térmico y visual, además de acceso a vistas exteriores, confort acústico, niveles adecuados de iluminación y la cantidad de control humano para cada espacio. La categoría también promueve el uso de productos con una baja emisión de Compuestos Orgánicos Volátiles (COVs) en espacios ocupados, para optimizar el bienestar de los ocupantes del edificio.



Innovación

A través de esta categoría se exploran o expanden alternativas sobre medidas sustentables para cualquier categoría, esto permite reducir impactos sustentables del desarrollo al implementan técnicas y tecnología de innovación.



Prioridad Regional

Esta categoría busca minimizar los impactos sustentables del proyecto, atendiendo aquellos impactos considerados como prioridad local, sobre todo se identifican los impactos antropogénicos.

Para un proyecto como el NAICM, el cual es complejo, grande y diseñado para un uso específico, no es posible obtener todos los créditos asociados con los puntos debido a las limitaciones del sistema de evaluación. Sin embargo, los diseñadores han incluido medidas sustentables en el diseño, aunque no se pueda cumplir con todos los requerimientos LEED para obtener todos los puntos asociados.

4.3. Los edificios destinados LEED del NAICM

El proyecto del NAICM está buscando obtener la certificación LEEDv4 en los cuatro edificios:

- Edificio Terminal de Pasajeros (ETP)
- Centro de Transporte Terrestre Intermodal (CTTI)
- Torre de Control de Tráfico Aéreo (TCTA)
- Centro de Control de Área (CCA)

Cada uno de los cuatro edificios tiene un objetivo de créditos específicos, los cuales se han identificado para alcanzar el número de puntos requeridos, durante las etapas de diseño y de construcción de cada edificio. En la siguiente tabla se muestra el nivel y el número total de puntos que cada edificio deberá de cumplir para certificarse:

Tabla 1 - Niveles de certificación para el NAICM

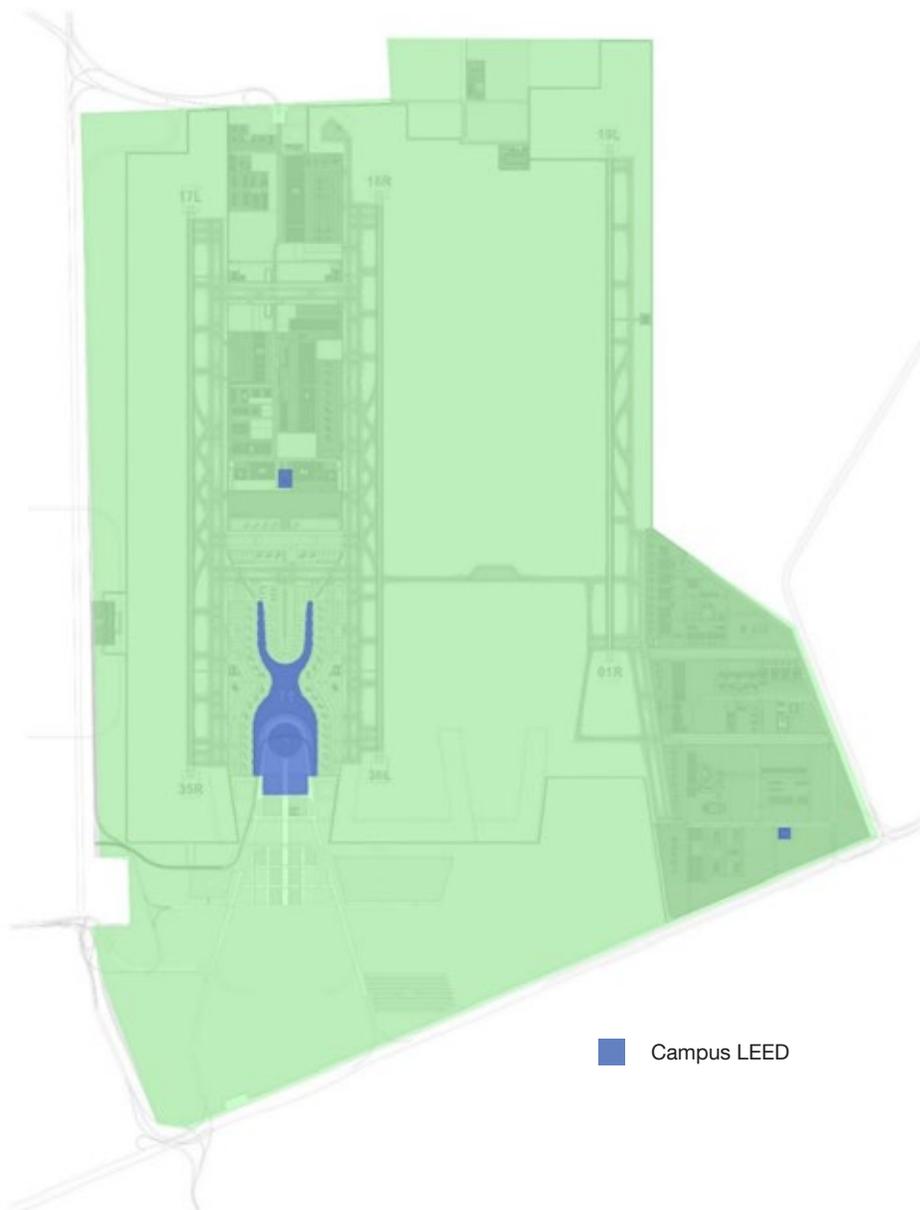
Edificio	Puntos Totales	Nivel de Certificación LEED	Rango de Puntos para lograr Nivel LEED
ETP	81	Platino	80 a 110
CTTI	72	Oro	60 a 79
TCTA	71	Oro	
CCA	65	Oro	

A continuación, se presenta una breve descripción de las características generales de los edificios y la estrategia del Campus LEED que se busca implementar, además del estatus de los documentos de diseño que se subieron a la plataforma en línea de LEED, los cuales se entregarán al Consejo Norteamericano de Edificación Verde, conocido por sus siglas en inglés como USGBC/GBCI. La USGBC/GBCI es la organización certificadora de edificios verdes encargada de revisar la documentación entregada, emitir comentarios y otorgar el nivel de certificación al final del proceso.

- Campus

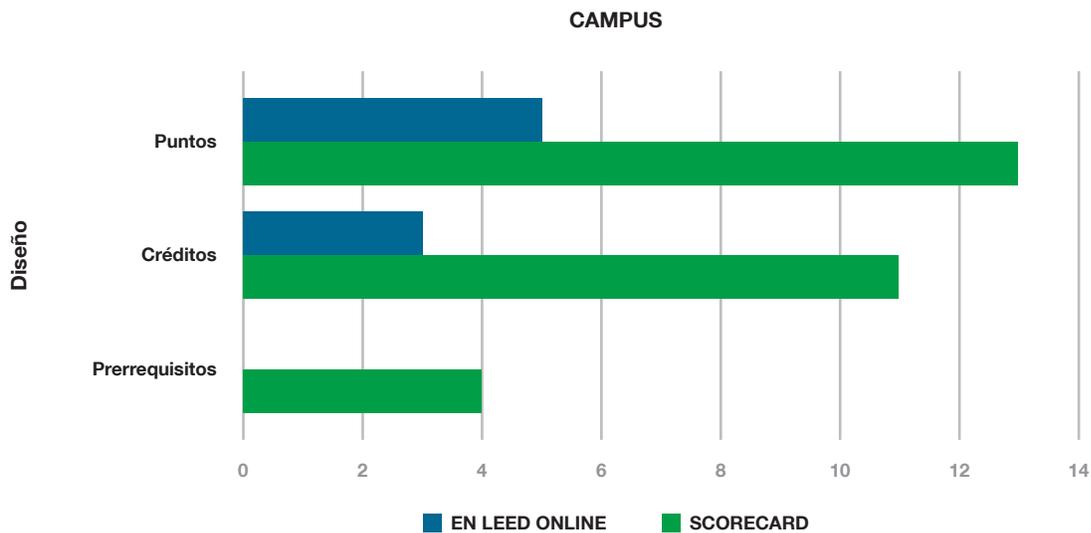
El registro del proyecto del NAICM en la USGBC/GBCI se hizo con una estrategia de Campus, que consiste en documentar algunos de los créditos y prerequisites de los diferentes edificios en una manera combinada para poder generar sinergia en el sitio del proyecto. Además la denominación de campus del NAICM se conforma por 3 áreas no continuas. (Ver figura 4)

Figura 4 - Campus LEED



El Campus busca documentar 6 créditos en diseño, que suman un total de 9 puntos y para su revisión requiere el cumplimiento de las estrategias sustentables de los cuatro edificios de manera uniforme. Estos 9 puntos ya se encuentran sumados al total de puntos que se muestran para cada edificio en el siguiente resumen. El estatus de la documentación del Campus tiene un avance del 50% en la etapa de diseño. (Ver figura 5). Es importante aclarar que el avance de los créditos de diseño presentados en la plataforma LEED es documentación terminada, pero aún no ha sido evaluada por el GBCI.

Figura 5 - Estatus LEED del Campus

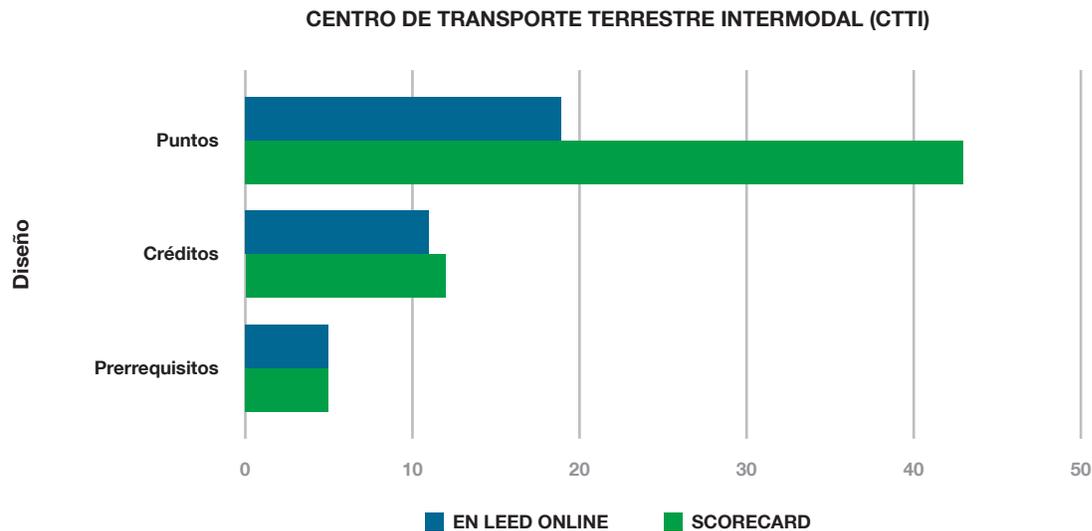


- Centro de Transporte Terrestre Intermodal (CTTI)

El diseño del CTTI incorpora los requerimientos necesarios para dar servicio de transporte terrestre aproximadamente a 246 millones de personas a través de distintos medios de transportación. El CTTI incluye la construcción de un complejo multinivel que incluye estacionamiento, estación de autobús interurbano, estación de Metrobús y de Metro. El diseño del edificio se caracteriza por tener un trazo geométrico oval con múltiples espacios conectados y un área verde en el techo, con un total de 240,000 m² de superficie.

El proyecto del CTTI busca obtener el nivel LEED Oro con 72 puntos totales, 59 puntos corresponden a la etapa de diseño y 13 puntos a la etapa de construcción. Durante la etapa de diseño se documentarán 24 créditos que otorgarán 55 puntos. El avance documental de los créditos de diseño en la plataforma LEED online es del 46%. (Ver figura 6).

Figura 6 - Estatus LEED del CTTI

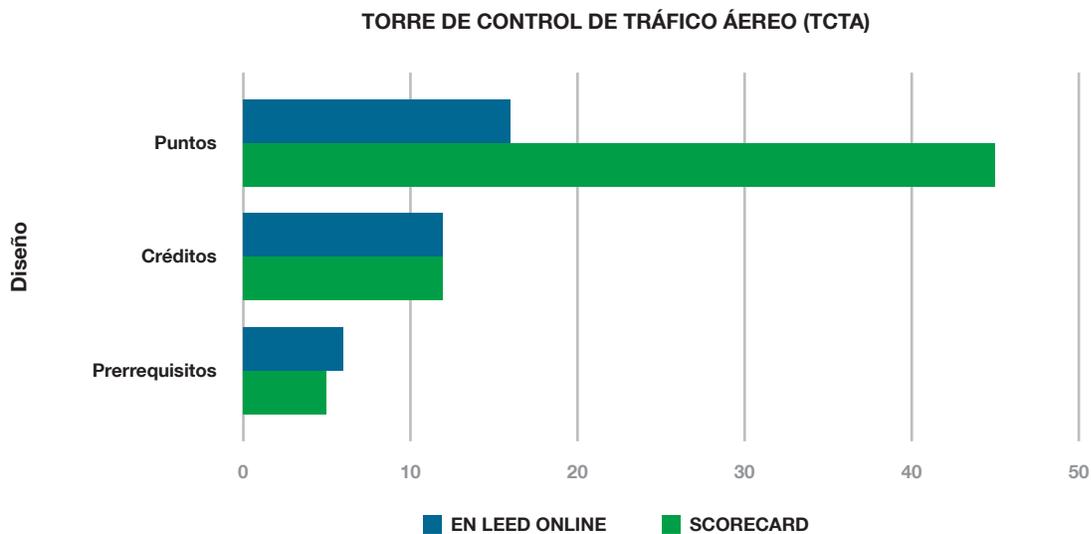


- Torre de Control de Tráfico Aéreo (TCTA)

El diseño de la Torre de Control de Tráfico Aéreo tiene como objetivo atender las necesidades funcionales que requiere el control de tráfico aéreo de toda la instalación del NAICM. La TCTA tiene una altura de 90 m distribuidos en 9 niveles con un área total de 4,700 m².

Para lograr LEED Oro, el diseño del TCTA busca cumplir un total de 71 puntos, 58 puntos corresponden a la etapa de diseño y 13 puntos a la etapa de construcción. En la etapa de diseño se van a documentar 27 créditos que equivalen a 55 puntos. El avance documental actual en la etapa de diseño es de 44%. (Ver figura 7)

Figura 7 - Estatus LEED del TCTA



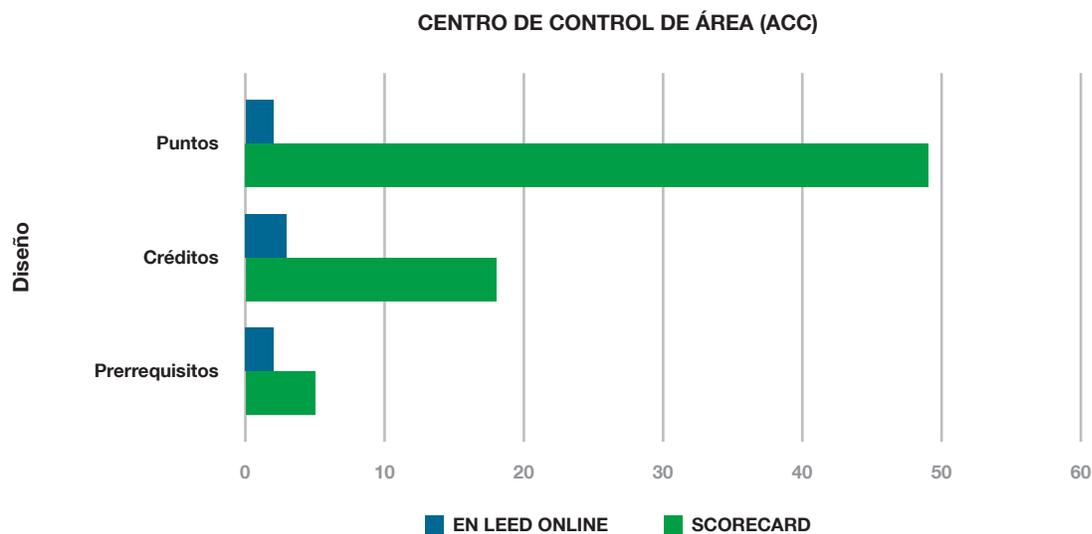
- Centro de Control de Áreas (CCA)

El diseño del CCA incorpora las instalaciones necesarias para poner en operación el control de tráfico aéreo en ruta, el control de aproximación en la región mexicana, así como todos los espacios funcionales e instalaciones de apoyo que requiere el Servicio de Tráfico Aéreo.

El edificio se organiza en espacios operativos primarios, salas de equipos y otras instalaciones distribuidos en dos niveles y un entrepiso que suma un área total de 19,000 m². Además cuenta con instalaciones recreativas externas que incluyen campos de fútbol, canchas de baloncesto y gimnasio.

Para lograr el nivel LEED Oro en el CCA se busca obtener con un total de 65 puntos, 52 puntos corresponden a la etapa de diseño y 13 puntos a la etapa de construcción. En la etapa de diseño se planea documentar 28 créditos que equivalen a 51 puntos. El avance actual sobre los créditos de diseño es del 11%. (Ver figura 8)

Figura 8 - Estatus LEED del ACC

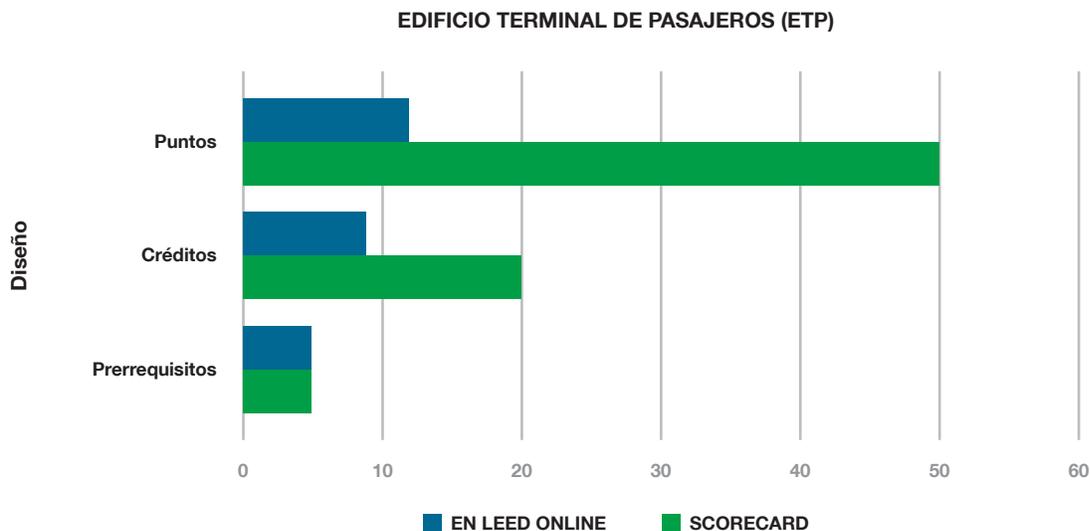


- Terminal de Pasajeros (ETP)

El diseño del Edificio Terminal de Pasajeros incorpora los requerimientos necesarios para dar servicio a 57 millones de pasajeros en un área total de 743.000 m², distribuidos en cuatro niveles y un sótano. La estructura del proyecto tiene como objetivo concentrar todas las instalaciones a nivel de suelo, de tal manera que la estructura de la envolvente forma una superficie continua capaz de cubrir todos los edificios, incluyendo los puentes fijos.

El proyecto del ETP busca alcanzar LEED nivel Platino con 81 puntos totales, 67 corresponden al diseño y 15 a la construcción. Durante la etapa de diseño se planean documentar 26 créditos que equivalen a 58 puntos. Actualmente se cuenta con un avance documental de 35%. (Ver figura 9)

Figura 9 - Estatus LEED del ETP



4.4. Elementos de diseño y soluciones sustentables para el ETP

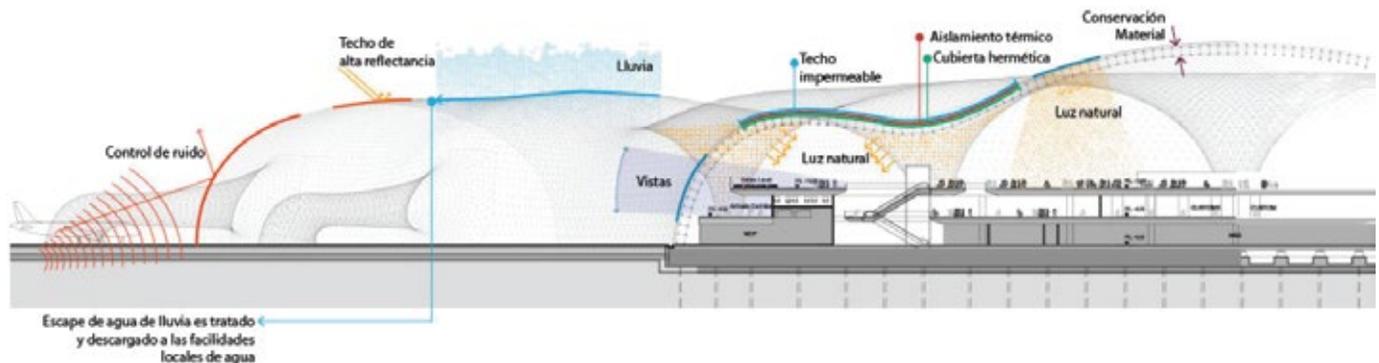
En este apartado se describen los elementos de diseño del ETP que se han incluido para cumplir con los créditos de diseño LEED o para otorgar una solución más sustentable. Para explicar las estrategias sustentables que caracterizan al edificio, la información presentada se divide en dos áreas generales, el primero se refiere a las características de la envolvente y el segundo al uso eficiente de energía y agua.

Es importante clarificar que esta descripción únicamente incluye la información de diseño y para su desarrollo se consultaron los reportes, las especificaciones técnicas y las bases de diseño elaboradas por el Arquitecto Maestro y el Ingeniero Civil Maestro.

4.4.1. Diseño arquitectónico de la envolvente

La estructura reticular de doble curvatura que crea el diseño de la cubierta se soporta en 21 componentes verticales conocidos como foniles y en su perímetro. El sistema estructural que se plantea al interior de la envolvente es independiente, por lo tanto, la superestructura de la cubierta es un “sistema único” que crea una cubierta continua. Asimismo el diseño reticular tiene la flexibilidad para soportar movimientos debido a expansiones térmicas, cargas vivas y eventos sísmicos sin comprometer la impermeabilidad del sistema de paneles metálicos y vidrio que conforman la envolvente.

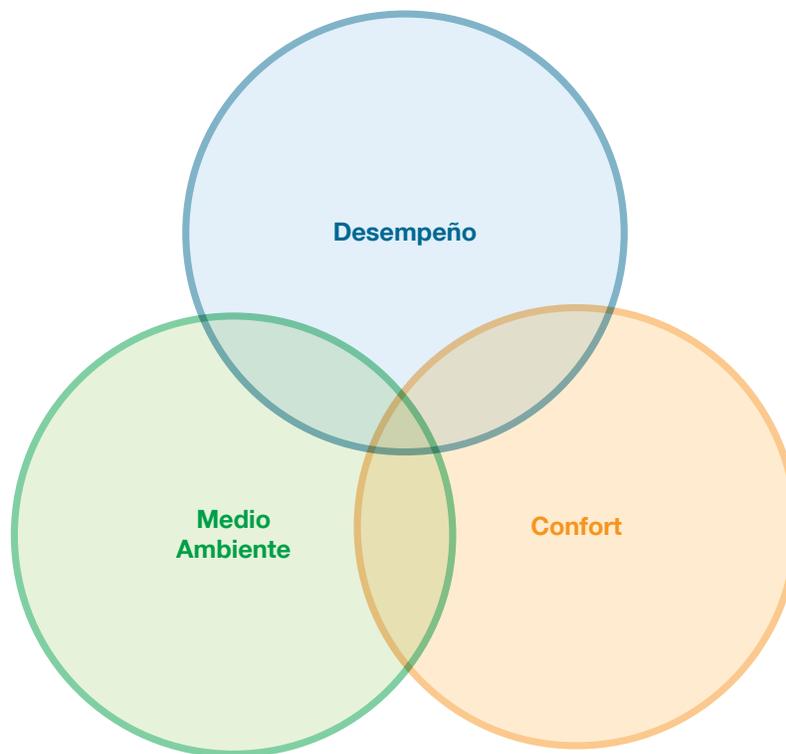
Figura 10 - Corte del ETP



Si bien la cubierta del ETP se caracteriza por su función estructural, también incorpora características de diseño para cumplir con los criterios de sustentabilidad. Estos criterios tienen el propósito de minimizar los impactos ambientales, optimizar el desempeño del edificio y mejorar el confort de los usuarios (Ver figura 11). De este modo, el sistema estructural de la envolvente aprovecha la iluminación natural, mejora la conectividad visual, optimiza la eficiencia térmica, reduce la contaminación acústica, incorpora materiales de bajo impacto ambiental y promueve la gestión de agua de lluvia por medio de foniles.

En esta sección se describen las características de la envolvente, así como los estudios y pruebas que requiere el proceso de diseño para complementarse con los créditos LEED.

Figura 11 - Criterios de diseño para edificios sustentables



- Análisis de luz natural

El diseño con acristalamiento de la envolvente del ETP busca aprovechar la entrada de luz natural en el edificio y proporcionar protección contra deslumbramientos. El sistema de luz natural se compone de tres elementos primarios: lucernarios triangulares, acristalamiento perimetral y acristalamiento en los foniles. Cabe mencionar que el cálculo de los sistemas de control e iluminación que se especifican en el crédito de *Iluminación Interior*, perteneciente a Calidad Interior Ambiental, no se puede cumplir para el edificio debido a las necesidades funcionales del mismo.

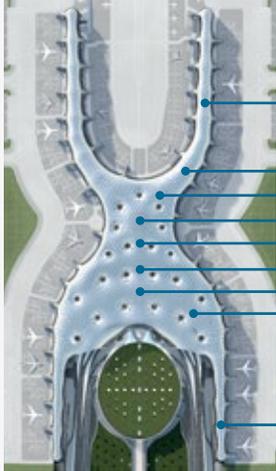
Figura 12 - Vista interior ETP



Para evaluar el desempeño de los sistemas de luz natural y la distribución de luz dentro de los espacios del edificio, el Arquitecto Maestro realizó una simulación con el propósito de determinar la autonomía de la luz natural. Este análisis de luz natural sirve para entender la uniformidad lumínica y maximizar la autonomía de la luz natural como se muestra en la Tabla 2. Los espacios entre los tragaluces se optimizaron para facilitar el diseño.

Tabla 2 - Iluminación ETP

Clave	Zona	Iluminancia (Lux)	Autonomía Luz de Día
A	Vestíbulo	150	90%
B	Venta de Boletos	150	93%
C	Venta de Boletos	150	95%
D	Seguridad	300	80%
E	Comercios	150	96%
F	Comercios	150	88%
G	Comercios	150	97%
H	Vestíbulo	150	95%
I	Vestíbulo	150	97%



El diagrama muestra una sección transversal de un edificio con una fachada sur. Se han marcado nueve puntos de medición con líneas azules y letras de la A a la I. Los puntos A, B, C, D, E, F, G, H e I están distribuidos a lo largo de la fachada y en el interior del edificio, correspondiendo a las zonas de iluminación detalladas en la tabla.

Este estudio analiza la reducción de los niveles de luz de los lucernarios en relación con el cálculo del acristalamiento. También evalúa la probabilidad relativa de luz solar directa sobre cada lado de la fachada a través del cálculo anual hora-sol. El resultado del estudio presentado en el reporte ambiental del ETP, muestra que la exposición solar para el vidrio de las secciones sudeste y suroeste de la fachada sur está limitada durante el invierno. También los paneles de vidrio a lo largo del perímetro forman una red de lucernarios para proveer excelentes niveles y distribución de luz natural, así como, un alto grado de conectividad visual entre interior y exterior.

- Desempeño Térmico de la Envolvente

La envolvente requiere un alto desempeño para minimizar la ganancia de calor térmico ya que el edificio requiere un diseño mecánico que busque minimizar su consumo de energía. Se llevaron a cabo análisis térmicos para evaluar la ganancia y pérdida de calor de los diferentes componentes del revestimiento, con el propósito de identificar posibles requerimientos térmicos de aislamiento, elementos de acristalamiento y calcular la necesidad de energía durante el enfriamiento y calentamiento. Los análisis son fundamentales para cumplir con los objetivos de reducción de energía LEED y para el *Comisionamiento de la Envolvente del Edificio*, que es un requisito del crédito de *Comisionamiento Avanzado*. Lo anterior se utiliza para verificar el diseño con base en pruebas de iluminación y transmitancia térmica de los elementos acristalados, pérdidas y ganancias globales por conducción térmica de la envolvente, así como a la hermeticidad del edificio. Estas pruebas buscan confirmar que el sistema de la cubierta tenga un desempeño adecuado para cumplir con las necesidades de rendimiento y reducir el gasto de energía a lo largo de su vida útil.

La tecnología de la envolvente que se propone presenta un sistema muy eficiente, así como una protección hermética y paneles de vidrio de laminado doble para mejorar la comodidad térmica y promover la conservación de energía. Para mitigar el aumento de la ganancia de calor y reflectividad se propone recubrir los paneles de vidrio de la envolvente con seis estampados cerámicos distintos. El diseño de cada estampado se hizo en función de las variaciones en las dimensiones y los ángulos de los paneles, de tal forma que cada estampado proporciona diferentes niveles de protección solar para alcanzar los estándares térmicos y visuales propuestos.

- Desempeño Acústico de la Envolvente

Existen dos tipos principales de requerimientos de desempeño para cumplir con las necesidades acústicas de la envolvente. El primero es minimizar el ruido aéreo al penetrar el ensamble del techo, y el segundo es otorgado suficiente absorción del ruido en los espacios interiores del edificio para minimizar la reverberación dentro del espacio para confort auditivo, al igual que la importancia de exista inteligibilidad dentro de los espacios de la Terminal. Para la penetración de ruido, todo el desarrollo de la envolvente ha sido analizado para prevenir ruido nocivo. En la parte interna de los paneles triangulares, los cuales se encuentran en la parte inferior de la estructura del techo del edificio, hay una capa aislante acústica para la absorción y reducción de la reflexión del sonido dentro de los espacios interiores. Similarmente, los paneles incorporan una placa metálica micro-perforada para cubrir la placa estructural. De este modo, el diseño de los componentes acústicos se integra completamente a la superficie interior del sistema de cubierta evitando las obstrucciones visuales.

Figura 13 - Diseño acústico

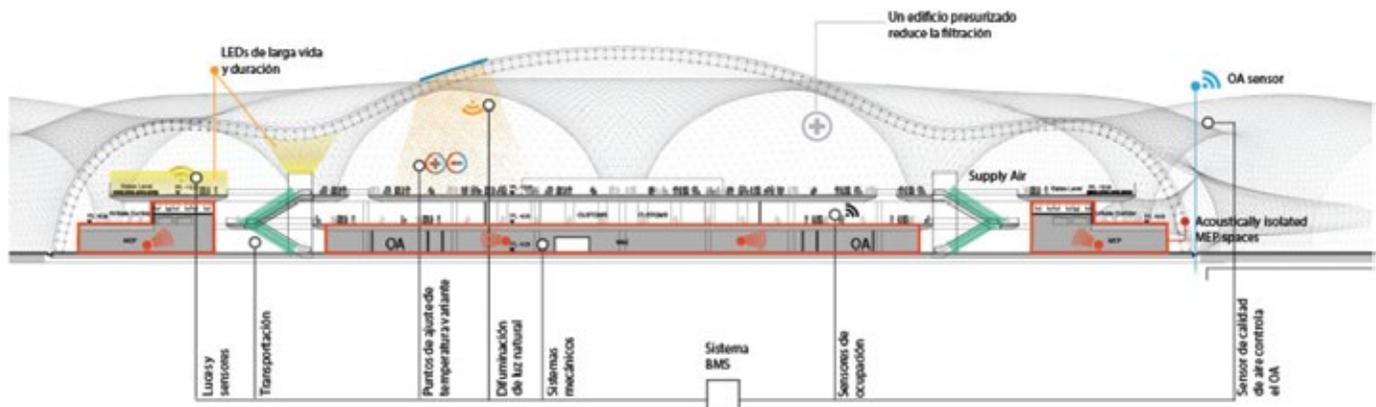
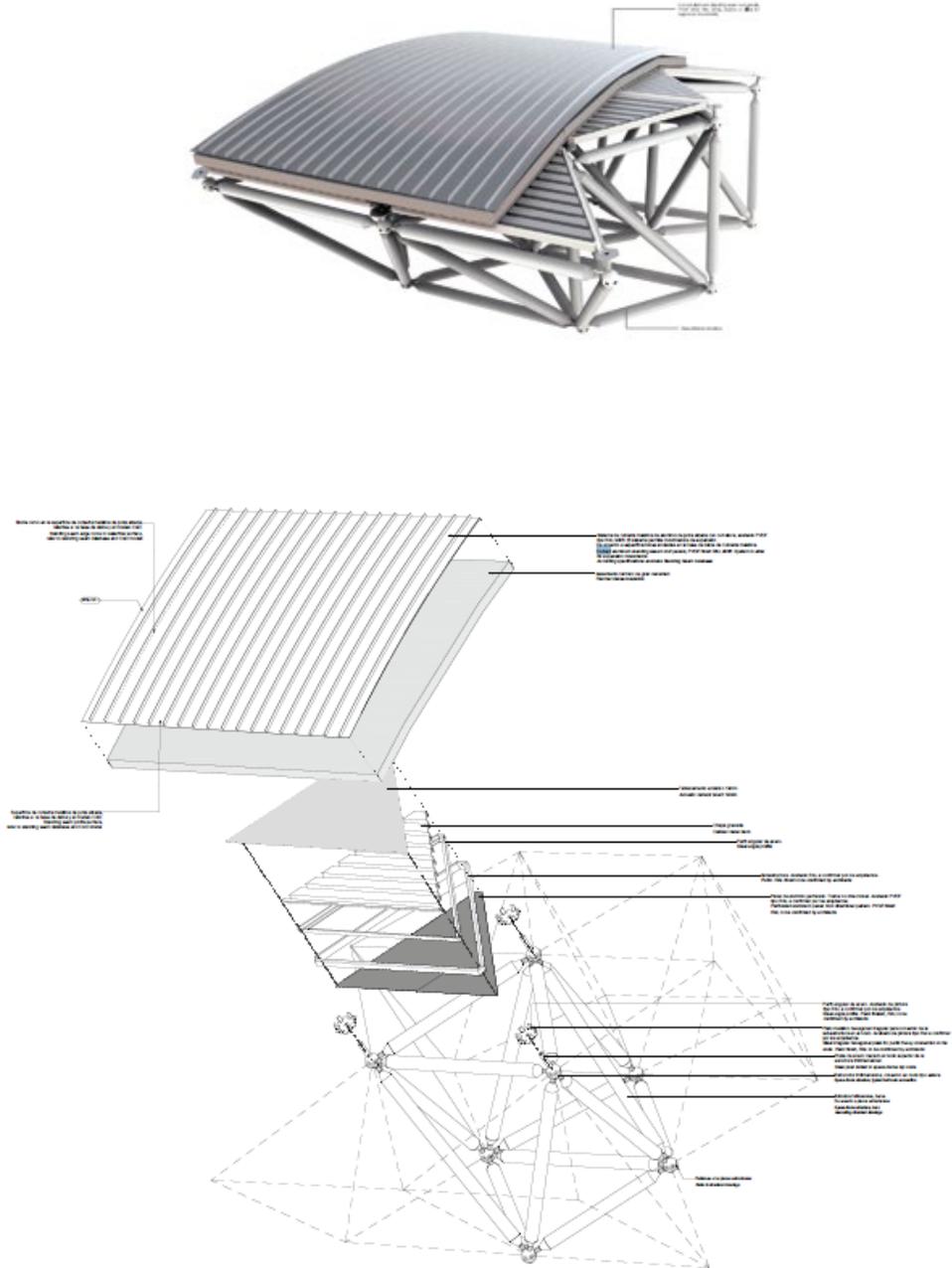


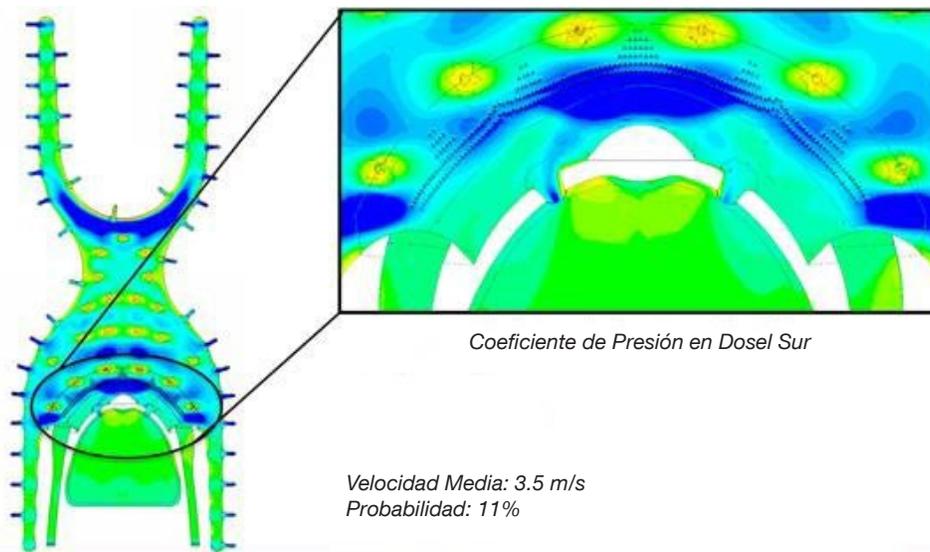
Figura 14 - Detalles de la envolvente



- Estrategias de ventilación e integración de enfriamiento

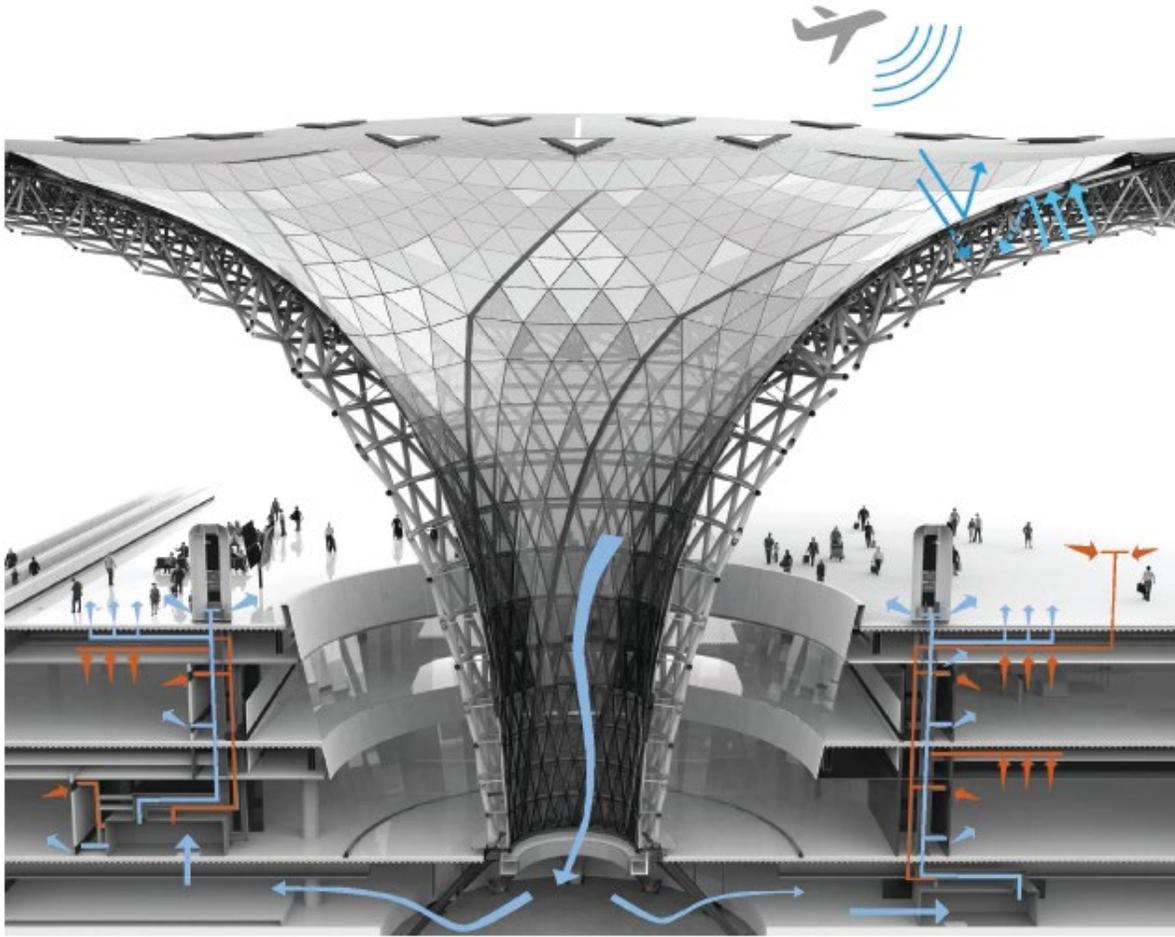
El diseño de la envolvente cuenta con dos elementos integrados que contribuyen a la estrategia de ventilación y enfriamiento del ETP. La primera es la Marquesina Sur, que es un volado ubicado a lo largo de la fachada sur. La ubicación exterior del volado genera un microclima en la bahía de acceso, minimizando el impacto solar directo y permitiendo la ventilación natural, para mantener frescas estas zonas al exterior y proteger la fachada sur de la ganancia solar en la entrada del edificio, minimizando las cargas del sistema mecánico. El área exterior fue analizada para verificar que no hubiera concentraciones locales de contaminación ocasionada por vehículos en la bahía de acceso para dejar o recoger pasajeros. El análisis del área Sur incluyó un factor de exposición de monóxido de carbono (CO) causado por congestión vehicular, entre otros parámetros; para así conocer la ubicación ideal de aperturas en la marquesina. Se encontró que la mejor ubicación para las ranuras de ventilación son la parte más alta del centro de la marquesina, ya que esto reduce la acumulación de CO sin tener que utilizar energía mecánica del ventilador.

Figura 15 - Análisis de ventilación



La segunda es una característica de integración que hay en los foniles. Este diseño permite que el aire del exterior para la ventilación del edificio no provenga de las aeronaves, las cuales son una fuente de contaminación. Este aire se temple conforme pasa a través del plenum masivo de alto grado térmico hacia los equipos de manejo de aire y reduce las necesidades energéticas de calefacción y enfriamiento.

Figura 16 - Captación de aire



Sección transversal del Fonil. Diagrama mostrando diseño integrado.

- Captación pluvial

La geometría ondulada de la cubierta del ETP busca facilitar la descarga de agua y granizo de forma eficiente por los foniles. Los foniles además de actuar como soportes estructurales también sirven como drenaje para captar y llevar el agua de lluvia a un sistema de colectores y cárcamos que descargan en una laguna gestionada por CONAGUA. Aunque el agua captada por el sistema de foniles no será reutilizada en el interior del edificio, el diseño más amplio del sistema tiene como finalidad contribuir al envío del agua captada para ser utilizada con propósitos de irrigación en tierras agrícolas en zonas fuera de la ciudad.

- Materiales de bajo impacto ambiental

Para incorporar materiales de bajo impacto ambiental en el proyecto se requiere llevar a cabo un Análisis del Ciclo de Vida del edificio, también conocido por sus siglas en inglés como LCA. Este análisis está diseñado para reutilizar y optimizar el desempeño de los productos y los materiales del ETP. Para estimar la mitigación de impactos ambientales durante la etapa de diseño del ETP, el método LCA compara la construcción del ETP utilizando materiales convencionales con la construcción del mismo utilizando materiales amigables con el medio ambiente. Este análisis es parte de las estrategias LEED del crédito de *Análisis del Ciclo de Vida* que pertenece a la categoría de Materiales y Recursos.

El análisis también explica los beneficios del ciclo de vida de la envolvente y de los materiales estructurales con respecto al uso de la energía acumulativa, así como los impactos ambientales que resultan de todas las fases de vida del edificio, entre ellos el calentamiento global, el desgaste de la capa estratosférica de ozono, la acidificación del suelo y los recursos acuíferos; la eutrofización, la formación de ozono troposférico y el consumo de fuentes de energía no renovable.

4.4.2. Reducción de energía y agua

El ETP busca alcanzar dos metas, la reducción del uso de energía en un 50% para generar ahorro en costos de consumo; y en el consumo de agua reducir un 50% al interior del edificio, como por ejemplo en sanitarios, y 100% en áreas exteriores para irrigación.

A continuación, se hace una breve descripción del diseño de los sistemas propuestos para conseguir la reducción de agua y energía durante la operación del ETP.

- Sistemas mecánicos HVAC

El objetivo del diseño de los sistemas mecánicos es brindar confort térmico y calidad de aire a los usuarios, con el fin de reducir el consumo de energía para el enfriamiento de las áreas. El proyecto propone utilizar economizadores en los equipos de aire acondicionado con 100% de aire exterior captado a través de los foniles. El enfriamiento libre será efectivo cuando la temperatura del aire exterior sea lo suficientemente baja para garantizar las condiciones ambientales al interior del edificio. Además, se contempla utilizar economizadores con intercambiadores de calor, para aprovechar la energía del agua de condensación proveniente de las torres de enfriamiento, cuando las condiciones ambientales favorezcan el free cooling (con consumo mínimo de energía) del agua helada y sea factible la reducción del consumo de energía para enfriar el agua helada a la temperatura requerida por los equipos de aire acondicionado. De igual manera, el sistema utiliza conductos de baja presión y desplazamiento de ventilación para reducir el consumo de energía de los ventiladores.

Para evitar la entrada de olores de los gases de combustión provenientes de las aeronaves, todas las unidades de aire acondicionado tendrán filtración fase gas con carbono activado y filtración de partículas. Esto con el fin de garantizar el cumplimiento del prerrequisito de *Eficiencia mínima en calidad del aire interior*, que forma parte de la categoría de Calidad del Ambiente Interior. En los sistemas de aire acondicionado propuestos se combinan distintos filtros que se clasifican en MERV 7-9 (eficiencia mínima 30%) y los filtros MERV 12-14 (eficiencia 80-95%). MERV (Minimum Efficiency Rating Value) es la capacidad de retención en un medio filtrante.

- Sistema de Gestión de Edificios

El diseño del ETP cuenta con un sistema de gestión de edificaciones el cual se encargará de mantener los parámetros de confort (temperatura y humedad) de una manera eficiente y automática. Entre las funciones de este sistema están: iniciar, detener, monitorear y medir el uso de energía de los equipos tanto mecánicos como eléctricos. Este sistema es parte las estrategias LEED de los créditos y prerrequisitos incluidos en las dos categorías que se describen a continuación. (Ver figura 17).

Figura 15 - Análisis de ventilación



- Iluminación

La calidad de la iluminación en los espacios interiores es fundamental para proveer ambientes cómodos y productivos que procuren el bienestar de los usuarios. En este sentido, el diseño ETP se basa en las estrategias del crédito de *Iluminación Interior*, que forma parte de la categoría de Energía y Atmósfera de la certificación LEED. Entre las estrategias se propone calcular a través de un software o mediciones los niveles de iluminación para optimizar desde la etapa de diseño la calidad lumínica interior. Esto con el fin de determinar los niveles de iluminación promedio según la superficie y posición de la luminaria en relación al tipo de espacio, es decir si es individual o multiusuarios.

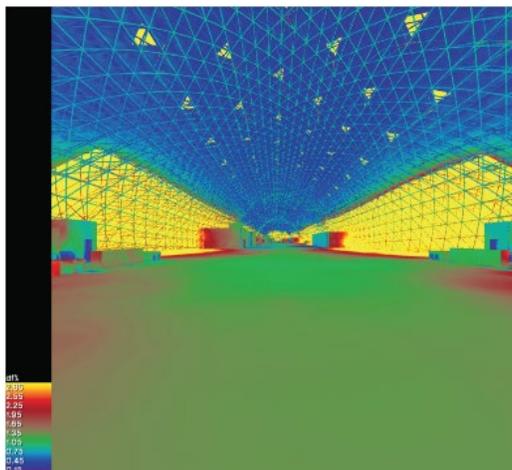
En la tabla que se muestra a continuación se resumen los intervalos entre el valor máximo y el valor mínimo de los niveles de iluminación requeridos según el tipo de espacio. La información que se presenta en la tabla 3 se basa en los niveles de iluminancia por tipo de espacio que se especifican en las bases de diseño.

Tabla 3 - Iluminación por áreas ETP

Espacio	Iluminancia (Lux)
Administrativos	300
Manejo de Equipaje (Reclamo, Áreas Manuales y Automatizadas, Almacén)	100-400
Áreas de Acceso y Descenso	6-30
Vestíbulos	50-100
Aduana / Inmigración	100-400
Elevadores y Escaleras Eléctricas	50
Puertas de Embarque	100-300
Comedor y Salas	150
Documentación	200
Sanitarios	50-150
Cuartos de Operación	100-200

En términos de conservación de energía, es fundamental considerar desde el diseño el desempeño de luminarias y controles eficientes para conseguir un ahorro energético significativo. Específicamente el diseño del ETP propone conservar energía a través de luminarias fluorescentes o LED (Light emitting diode), con 75% de durabilidad del total de la carga de iluminación y una vida útil de 10,000 horas. También durante la etapa de diseño se requiere definir el tipo de controles que requiere cada espacio dependiendo si es individual o multiusuario.

Figura 18 - Análisis de luz natural



De acuerdo con las especificaciones técnicas del ETP, los controles propuestos se conforman por un sistema distribuible de unidades LED dirigibles, controladas por relojes, conmutadores locales, sensores de ocupación y de luz de día. Este sistema puede controlar las unidades LED y configurar los niveles de iluminación proyectados en cada espacio con sensores de tecnología dual para minimizar los descensos.

- Consumo de agua

En relación al diseño de los sanitarios para el ETP se propone reducir el consumo de agua en el interior del edificio a través de la instalación de mobiliario y accesorios de baño eficientes. Las especificaciones del mobiliario y equipo se basan en las estrategias propuestas en el crédito de *Reducción de Consumo de Agua en el Interior*. Para reducir el consumo de agua los elementos y accesorios en baños públicos y cocinas las especificaciones técnicas proponen una presión mínima de 60 psi (415 kPA), y una presión de 80 psi (550kPA) para las duchas.

En cuanto a los valores máximos de velocidad de flujo de descarga, los inodoros propuestos en las especificaciones técnicas consumen 1.28 gal/descarga (4.84 L/descarga) mientras que un inodoro convencional consume 6 L/descarga; y los mingitorios consumen 0.125 gal/descarga (0.47 L/descarga). Con el propósito de reducir el consumo de agua potable de los inodoros y mingitorios, el diseño plantea suministrarlos con agua reciclada proveniente del sistema de tratamiento. En el Plan Maestro elaborado por el Ingeniero Civil se estima un consumo de agua potable de 1, 506 m³/día y 3, 864m³/día.

Para cumplir con el crédito de *Medición del Consumo de Agua*, el diseño del ETP también se considera la instalación de submedidores de agua tratada y agua potable, esto con el fin de monitorear el consumo durante la operación. También el diseño de paisaje busca cumplir con el crédito de *Reducción del Consumo de Agua Exterior*, por lo tanto el diseño propone un sistema de riego por goteo con agua tratada para dar mantenimiento a las áreas verdes exteriores ubicadas en el área de conexión con el transporte terrestre, también conocida como Área Frontal.

- Sistemas de transporte vertical y horizontal

El diseño del ETP incluye escaleras visibles para incentivar al usuario a utilizar las escaleras en vez de elevadores y escaleras mecánicas. Para los sistemas de transportación vertical y horizontal compuestos por escaleras mecánicas, pasarelas móviles y elevadores se usarán medidas de ahorro de energía como lo son: Sensores de uso, motores con variadores de velocidad, motores de eficiencia premium, frenos regenerativos. Todos estos elementos también contarán con el uso de iluminación LED y un modo de “espera” (para la iluminación y ventilación) después de un lapso programado.

Figura 19 - Vista de elevadores y escaleras ETP



- Modelo energético

El diseño del ETP incluye una simulación energética para determinar el rendimiento mínimo de energía o cualquier ahorro adicional durante la operación del edificio. El objetivo es cumplir con los estándares internacionales de eficiencia energética especificados en el crédito de *Optimización del desempeño energético*, para alcanzar los niveles de rendimiento, mitigar el impacto ambiental y económico.

El modelado es una herramienta que facilita el proceso de diseño y mantiene informados a los diseñadores, también les permite identificar y seleccionar las estrategias costo-efectividad adecuadas. Para la elaboración del modelo se toman en consideración distintos temas relacionados con el impacto energético. Algunos de los factores presentados anteriormente forman parte de este modelo, en la figura 20 se presentan los aspectos que proveen la información para la propuesta y la línea base del modelo energético.

Figura 20 - Modelo de energía del ETP



Referencias

- U.S. Green Building Council, LEED Reference Guide for Building Design and Construction, Versión 4, Edición 2013.
- Documento de diseño y construcción elaborado por el Arquitecto Maestro, 16 de mayo de 2016.
- Documento de diseño y construcción elaborado por el Ingeniero Civil Maestro, 5 de agosto de 2015.
- Reporte ambiental elaborado por el Arquitecto Maestro, 31 de enero de 2017.
- Reporte de diseño del Edificio Terminal de Pasajeros elaborado por el Arquitecto Maestro, 31 de marzo 2016, volúmenes I, II, III, IV.
- Modelado energético del edificio, Aeropuerto de la Ciudad de México – Edificio Terminal de Pasajeros, 2 de mayo, 2016.
- Modelado energético del edificio – Torre de Control de Tránsito Aéreo, 2 de mayo de 2016.
- Modelado energético del edificio – Centro de Transporte Terrestre, 3 de mayo de 2016.

5. Indicadores de Desempeño

Se están desarrollando indicadores de desempeño específico para dar seguimiento a los reportes en conformidad con el marco de los Bonos Verdes.

5.1. Edificios Elegibles

El diseño del programa del aeropuerto que actualmente se encuentra en desarrollo se basa en la versión 4 de LEED, la cual se clasifica en la siguientes categorías.

Edificio	Objetivo de Calificación de LEED v4
Edificio Terminal de Pasajeros	Platino
Centro de Transporte Terrestre	Oro
Torre de Control de Tráfico Aéreo	Oro
Centro de Control de Área	Oro

Adicionalmente a los edificios específicos que forman parte de la clasificación LEED, se consideran aquellos impactos generados en otros edificios y sistemas auxiliares para lograr estos objetivos.

La Planta Central de Servicios está ubicada en la zona Oeste del aeródromo y suministra agua helada para enfriar el edificio de la Terminal y la Torre de Control Aéreo, así como las instalaciones que se encuentran al norte del campo medio (Midfield). El sistema de enfriamiento está diseñado para lograr un alto nivel de desempeño en la eficiencia energética.

El Centro de Transporte Terrestre incluirá una estación de autobuses y una estación de metro. Una nueva estación de autobuses se ubicará al norte del sitio para los empleados de las áreas del Midfield. La conectividad para los trabajadores del aeropuerto, así como para los pasajeros es crítica para la apertura exitosa del proyecto y la reducción de viajes en automóvil.

El Proyecto incluye Planta de Tratamiento de Aguas Residuales. Todas las aguas negras de la fase inicial de desarrollo serán tratadas a un nivel alto para cumplir con los requisitos del Código de Construcción de California y de este modo, proporcionar el suministro de agua tratada a los edificios del aeropuerto para sanitarios, irrigación y necesidades de limpieza.

5.2. Estrategias de Reducción y Consumo de Energía y Agua

La MIA revisó los valores de observación actuales de consumo de agua y energía en el aeropuerto existente: basado en estos usos, el nuevo aeropuerto tiene como objetivo reducir alrededor del 70% en el consumo de agua y 40% en el consumo de energía.

Todos los edificios que buscan una valuación LEED actualmente tienen como objetivo reducir los costos de energía al 50% para satisfacer los puntos disponibles. Este 50% de reducción de costos se modeló a través de las siguientes estrategias:

- Implementación de Medidas de Conservación de Energía (ECM's) dentro del edificio.
- Conexión a una Planta Central de Servicios de Alta Eficiencia.
- Energía procedente de fuentes de energía renovables.

El consumo de agua se está reduciendo a través de las siguientes estrategias:

- Planta de tratamiento de aguas residuales dedicada en el sitio, que dará suministro de agua tratada.
- Uso de accesorios de baño de bajo consumo para inodoros que usarán agua tratada en los edificios que buscan obtener la valuación LEED.
- Uso de accesorios de baño de bajo consumo para lavabos que usarán agua potable en los edificios que buscan obtener la valuación LEED.

5.3. Emisiones de Gases Efecto Invernadero

Según lo establecido en la MIA, los diseños de edificios, calderas y plantas de energía que se proponen reducirán las emisiones de gases efecto invernadero en un 50% comparado con el actual Aeropuerto de la Ciudad de México.

La reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero se alinea con las estrategias de reducción de energía mencionadas anteriormente para el consumo de energía.

Otras oportunidades que se están implementando o investigando en este momento son las siguientes:

- Utilización de paneles fotovoltaicos para proveer la iluminación del emplazamiento y la protección perimetral durante la construcción.
- Provisión de infraestructura suficiente para permitir que el Equipamiento de Apoyo en Rampa (eGSE) para las aerolíneas y los operadores en tierra, para reducir la contaminación atmosférica del lado aire no aeronáutico.
- Identificación de lugares de recursos naturales y productos para reducir la contaminación por su transporte al sitio.

5.4. Reducción de Residuos y Desvío de Relleno Sanitario

La MIA describe una serie de objetivos de reducción y reciclaje. En general, el nuevo aeropuerto busca una reducción del 10% al 30% en la generación de residuos y una mejora del 10 al 30% en la cantidad de residuos desviados a instalaciones de reciclaje.

5.5. Compra de Energía o Generación de Energías Renovables en Sitio

El uso de la energía fotovoltaica se está utilizando actualmente para la iluminación del sitio.

También se está realizando un extenso estudio de factibilidad. Esto es para determinar la mejor solución de costo para cumplir con las demandas LEED del proyecto.