

**GRUPO AEROPORTUARIO**  
DE LA CIUDAD DE MÉXICO

**Reporte 4**  
**30.Septiembre.2017**

**Mexico City Airport Trust**  
**Reporte de Bono Verde**  
**del NAICM**



**NAICM**  
AIRPORT PROGRAM  
PARSONS PROJECT MANAGEMENT OFFICE

## 1. Introducción

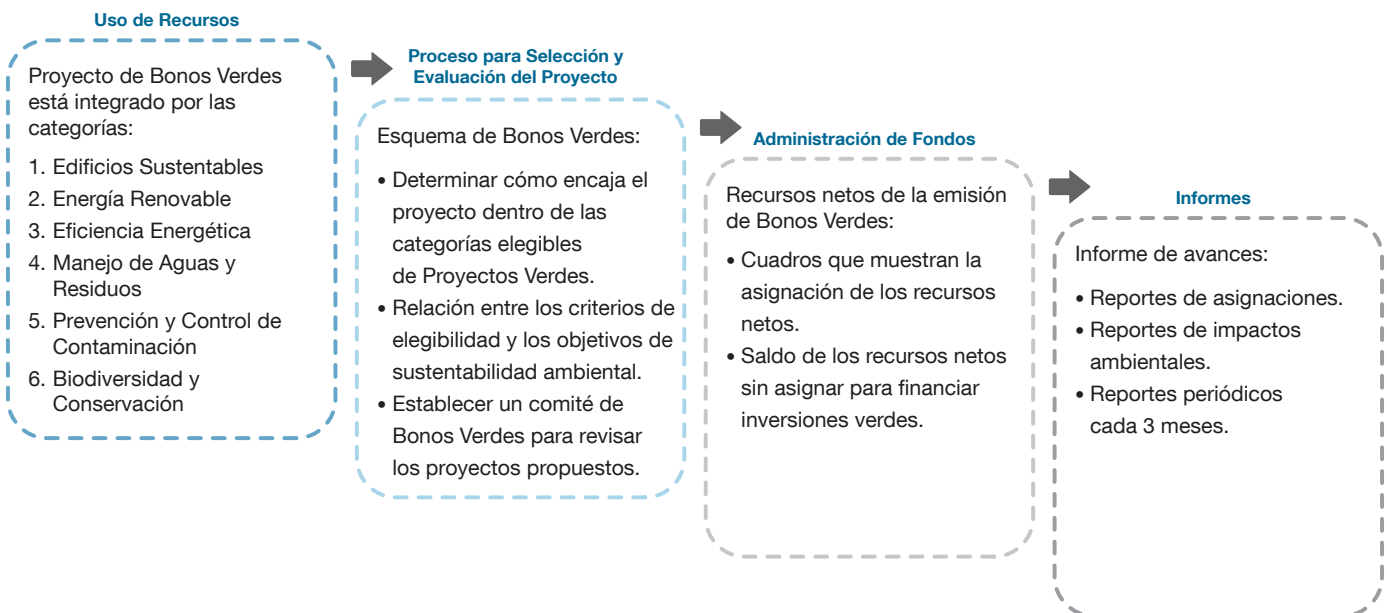
Grupo Aeroportuario de la Ciudad de México, S.A. de C.V. (GACM), es responsable de la preparación y presentación del marco de referencia fechado el 6 de septiembre de 2016, el cual cubrirá la emisión de los Bonos Verdes del Mexico City Airport Trust.

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 m<sup>2</sup> 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.

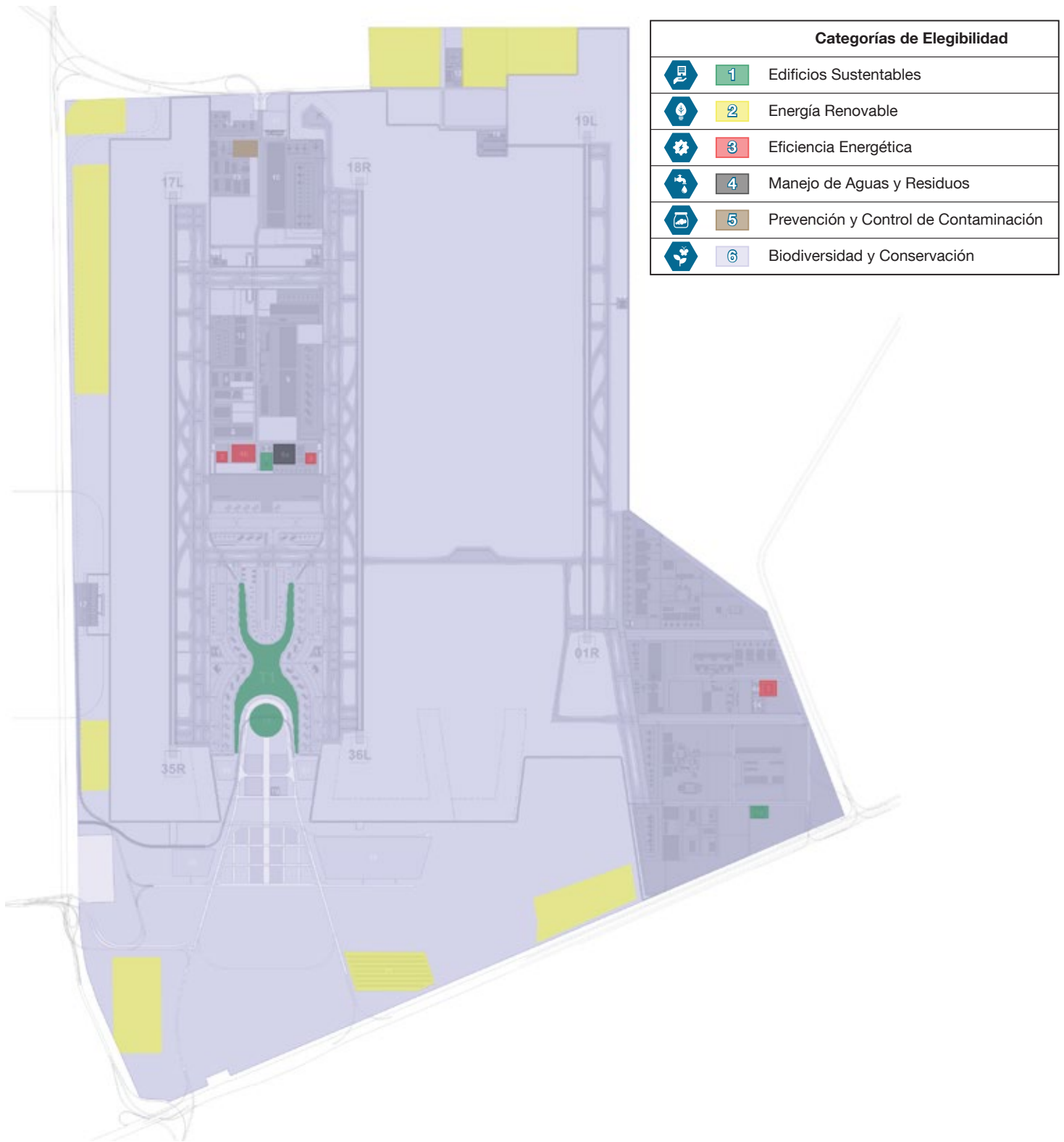


Figura 2 - El polígono del sitio muestra las ubicaciones de los elementos principales elementos del programa por categoría.

### 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	\$440,177,611.95	\$420,133.53	\$13,264.49	\$18,158,316.49	\$856,394.79	\$21,702,135.10
<b>Total</b>	<b>\$481,327,856.35</b>					

Descripción	Monto
Saldo por Aplicar del Bono Verde	5,283,066,841

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. Descripción del proceso de Comisionamiento (Cx) para los edificios LEED del NAICM

#### 4.1. Introducción

El comisionamiento (Cx) es un proceso continuo, que abarca desde la planeación, el diseño, la construcción y operación de un sistema o edificio. Este proceso se desarrolla con la intención de proveer un método para verificar y garantizar que los sistemas y edificios sean diseñados para cumplir con los deseos y requerimientos del cliente o usuarios finales, estableciendo procedimientos y pruebas para revisar no solo la configuración correcta de equipos específico, sino también la funcionalidad general de múltiples sistemas dentro de una sola instalación o edificio, y así cumplir con los requerimientos originales del propietario.

Para el NAICM, los siguientes sistemas están siendo comisionados para los edificios que buscan alcanzar una certificación LEED por un agente de comisionamiento especializado de puesta en marcha, también conocido por sus siglas en inglés como (CxA):

- Sistemas del Edificio: HVAC, eléctrico, plomería y sus sistemas de monitoreo y control
- Sistemas de energía renovable
- Diseño y desempeño de la envolvente

Estos sistemas son importantes para de las actividades de Cx en LEED, ya que tienen un gran impacto en el desempeño general de un edificio, especialmente con respecto al consumo de energía y agua. Estos sistemas están interrelacionados y por lo tanto el desempeño de uno impacta al desempeño del otro, por ello es necesario un enfoque holístico para garantizar la funcionalidad deseada.

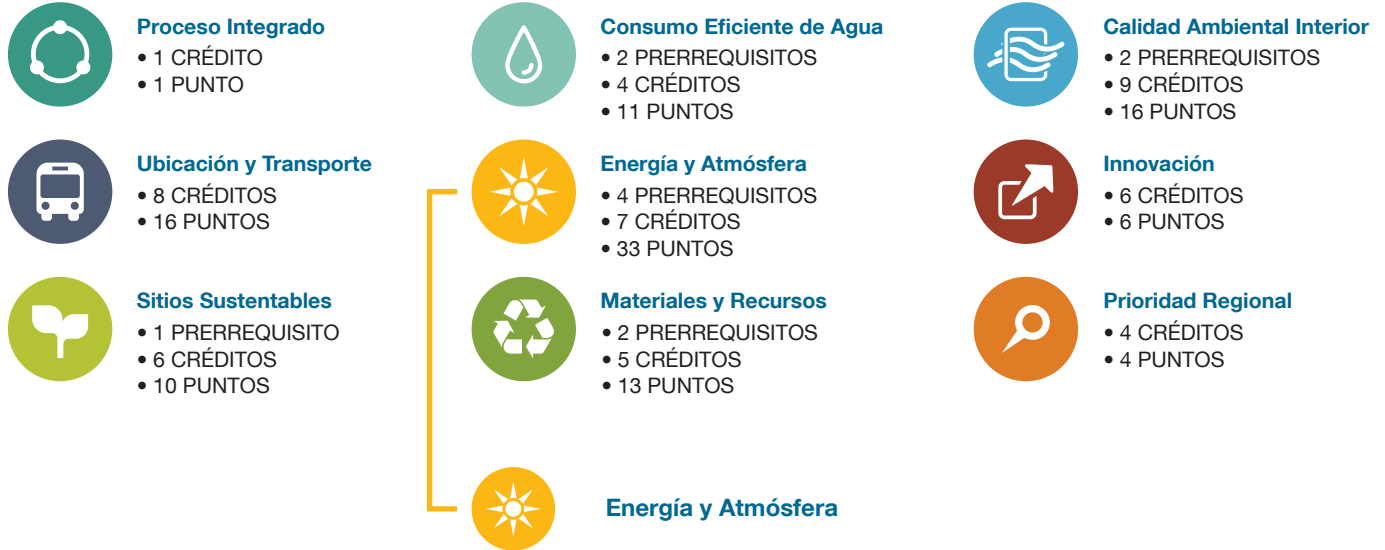
Otros sistemas más especializados, como el Sistema de Manejo de Equipaje (BHS) y el Sistema de Alarma Contra Incendios también serán comisionados. Aunque están interrelacionados con otros sistemas, lo hace de una manera menos integrada, por ejemplo impactando al uso total de la energía y serán comisionados por un contratista especializado.

Para explicar la relación del proceso de comisionamiento con el sistema de evaluación LEED la figura 1 muestra los prerrequisitos de carácter obligatorio y los créditos opcionales que califican en la categoría de Energía y Atmósfera



Figura 1 - Categorías LEED2

**Categorías LEED**



Clave	Crédito o Prerrequisito	Etapas
EAp1	Comisionamiento y Verificación Básicos (Prerrequisito-Obligatorio)	Construcción
EAp2	Desempeño Energético Mínimo (Prerrequisito-Obligatorio)	Diseño
EAp3	Medición del Consumo de Energía por Edificio (Prerrequisito-Obligatorio)	Diseño
EAp4	Gestión Básica de Refrigerantes (Prerrequisito-Obligatorio)	Diseño
EAc1	Comisionamiento Avanzado (2-6)	Construcción
EAc2	Optimización del Desempeño Energético (1-18)	Diseño
EAc3	Medición de Energía Avanzada (1)	Diseño
EAc4	Respuesta a la Demanda (1-2)	Diseño
EAc5	Producción de la Energía Renovable (1-3)	Diseño
EAc6	Gestión Avanzada de Refrigerantes (1)	Diseño
EAc7	Energía Verde y Compensaciones de Carbono (1-2)	Diseño

### 4.2. La importancia del Comisionamiento para el proyecto del NAICM

En el proyecto del NAICM, el Edificio Terminal de Pasajeros (ETP), el Centro de Transporte Terrestre Intermodal (CTTI), la Torre de Control de Tráfico Aéreo (TCTA) y el Centro de Control de Área (CCA) buscan la certificación LEED, por lo tanto, cada uno de estos edificios requiere de las actividades especificadas en el prerrequisito de comisionamiento y Verificación Básico. En el ETP se busca conseguir la reducción en el consumo de agua de 50% en el interior del edificio, especificando con el uso de muebles de bajo consumo y una reducción de 100% en el exterior, implementando un diseño de paisaje de cero consumo de agua, y de manera similar el ETP tiene como objetivo ahorrar el 50% de la energía consumida. También la Planta de Servicios Centralizados forma parte del proceso de comisionamiento, ya que es un proyecto integral del sistema de enfriamiento para los edificios LEED.

El proceso de comisionamiento es sumamente importante para el proyecto del NAICM, porque a través de procesos de evaluación, verificación, revisión de documentación, pruebas y capacitaciones, que los sistemas mecánicos y diseños asociados al confort cumplen con los requerimientos para alcanzar los estándares de eficiencia durante la operación del aeropuerto. Esto con el fin de aprovechar el potencial de cada sistema instalado, y así minimizar impactos ambientales y mantener altos estándares de calidad y confort para los usuarios.

Se planea conseguir el crédito de Comisionamiento Avanzado en los cuatro edificios, el cual se enfoca en desarrollar los Planes de Comisionamiento (Cx Plan), Comisionamiento de la Envolvente (ECx) y Comisionamiento Basado en Monitoreo (MBCx). El proceso de comisionamiento está liderado por una Autoridad de Comisionamiento (CxA) especializado, la cual está contratada directamente por GACM, misma que debe interactuar con todos los equipos que conforman el proyecto, así como el equipo de diseño y los contratistas para llevar a cabo con éxito el proceso.

### 4.3. Autoridad de Comisionamiento

El proceso de verificación y evaluación lo lleva a cabo un CxA, que es la autoridad calificada para dar seguimiento a los requerimientos de diseño y las necesidades operacionales solicitadas por el propietario del proyecto. La firma mexicana Revitaliza es la autoridad de comisionamiento que verifica el proyecto del NAICM; cabe señalar que el CxA trabaja directamente con GACM que es quién figura como propietario del proyecto del NAICM. De este modo el CxA puede permanecer imparcial, ya que no está influenciado por el diseñador u otros colaboradores.

También el CxA se encarga de verificar que se cumplan los alcances de diseño con base en los estándares internacionales enfocados en los sistemas construcción y tecnología. El agente de comisionamiento realiza distintas actividades en las etapas de diseño, construcción y operación del proyecto; esto depende si es un prerrequisito o un crédito de la categoría de Energía y Atmósfera.

#### 4.3.1. Actividades durante el proceso de diseño

Para comisionar los sistemas el agente realiza distintas actividades que van desde orientar al usuario en el desarrollo del documento de los Requerimientos del Propietario del Proyecto, conocido por sus siglas en inglés como OPR y la revisión de las Bases de Diseño (BOD), hasta el desarrollo e implementación de planes. El comisionamiento es un proceso largo en el cual interactúan distintas entidades en el desarrollo y revisión de la documentación y pruebas, a continuación se presenta una línea de tiempo con las actividades de comisionamiento del proyecto del NAICM durante la etapa de diseño y se describen de manera breve los elementos clave que lo conforman.

Figura 2 - Línea de tiempo de actividades durante el proceso de diseño



### Requerimientos del Propietario del Proyecto (OPR)

Cada uno de los edificios LEED requiere un OPR, para ello el propietario del proyecto, el agente de comisionamiento y la gerencia del proyecto colaboraron en la definición de los requerimientos para cada inmueble. Aunque el OPR se empezó en la etapa de pre-diseño, este es un documento vivo que puede ser actualizado durante la construcción del proyecto. Actualmente se han elaborado cuatro documentos con los requerimientos específicos de cada edificio que atienden las necesidades establecidas por el propietario del proyecto NAICM.

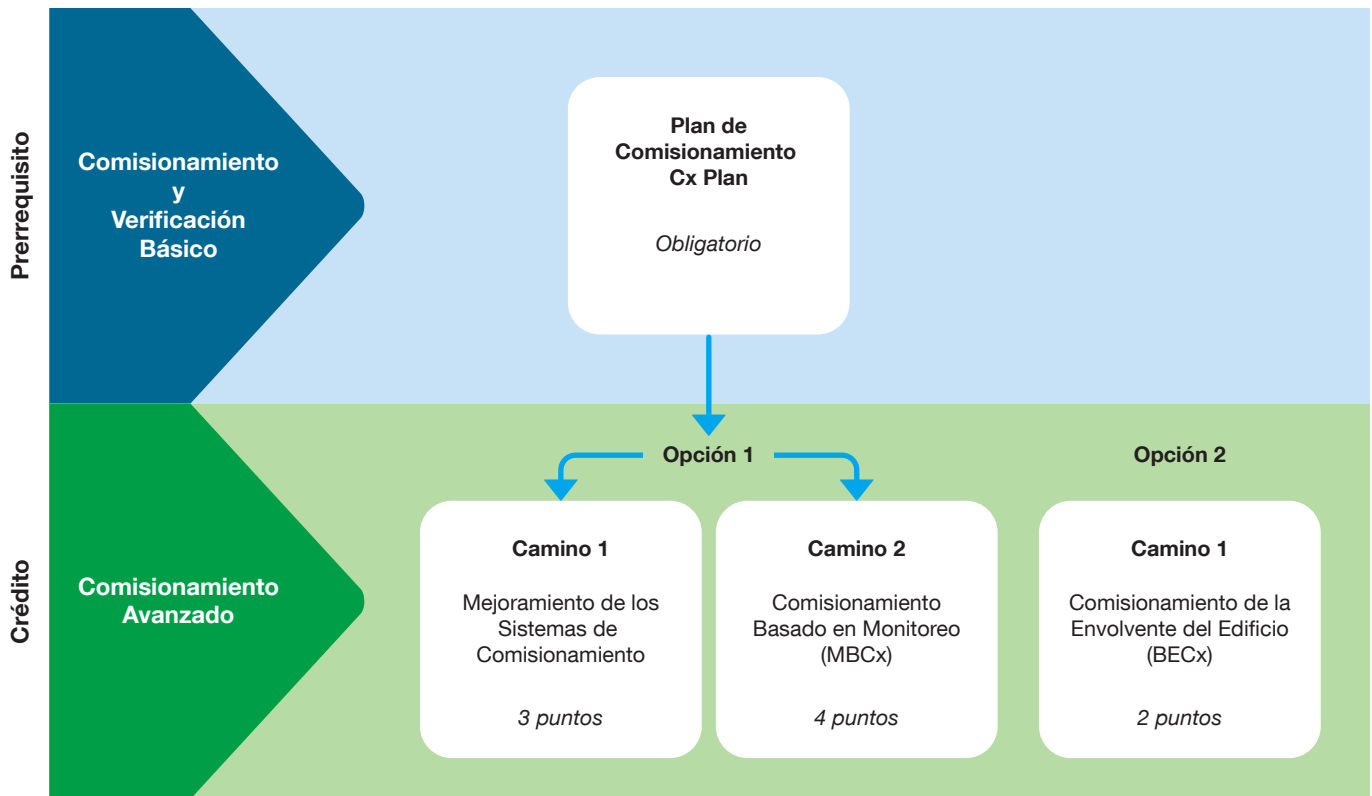
### Bases de diseño (BoD)

Las bases de diseño son las guías técnicas que describen de manera detallada los parámetros y consideraciones de cada sistema que fue solicitado por el propietario en el OPR. Por lo tanto, también son documentos vivos que se van actualizando de acuerdo con las necesidades del propietario. En el proyecto del NAICM el Arquitecto Maestro se ha encargado de desarrollar las bases de los cuatro edificios y el Ingeniero Civil Maestro ha estado a cargo de las bases de diseño de Planta de Servicios Centralizados.

Plan de comisionamiento

Este plan es desarrollado por el agente de comisionamiento e incluye las responsabilidades del equipo de trabajo del proyecto en la coordinación de actividades, además en el mismo se calendariza la entrega de documentación y pruebas de los sistemas. El plan es fundamental para establecer los objetivos y metas de los sistemas comisionados, realizar las pruebas y reportar las deficiencias o resoluciones de los sistemas. Dicho plan forma parte del prerequisite y su desarrollo es fundamental durante la etapa de diseño ya que a través de éste se derivan actividades como el Comisionamiento Basado en Monitoreo o el del Envoltente del Edificio (ver figura 3), que se necesitan para cumplir con el crédito de Comisionamiento Avanzado.

Figura 3 - Plan de Comisionamiento

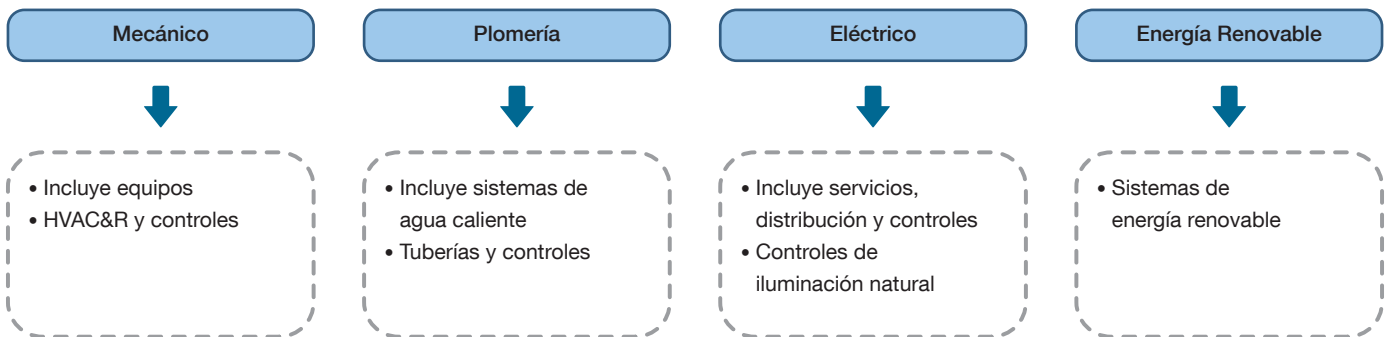


Es importante mencionar que los cuatro edificios del NAICM diseñados para obtener la certificación LEED, deben de llevar a cabo de manera obligatoria el Plan de Comisionamiento que se describe en el prerequisite. No obstante, el diseño de los cuatro edificios también busca obtener el crédito de comisionamiento, para ello planea cumplir con los 4 puntos del camino 2 que plantea la Opción 1 y con los 2 puntos de la Opción 2 (ver figura 3). De tal modo, que los cuatro proyectos buscan alcanzar en total los 6 puntos del crédito de Comisionamiento Avanzado.

### 4.3.2. Prerrequisito

Los sistemas que evalúa el comisionamiento para el prerrequisito se enfocan en la eficiencia y el consumo de energía, agua, calidad del ambiente interior y durabilidad. Específicamente se comisionan los sistemas que se describen en la figura 4.

Figura 4 - Sistemas del Comisionamiento



La intervención del CxA en los prerrequisitos se engloba en dos objetivos, el primero busca conseguir los medios idóneos previos a la ejecución del proyecto y el segundo se refiere al diseño, dimensionamiento y programación de los sistemas propuestos.

- 1) Reducir las órdenes de cambio de equipos y deficiencias de los sistemas, disminuir las acciones correctivas implementadas por los contratistas en sitio, mejorar la planificación y coordinación, así como, reducir el consumo de energía y costos operativos.
- 2) Verificar la temperatura al interior y control de ventilación para mejorar la salud y comodidad de los usuarios; control de datos e identificar el beneficio y el menor riesgo de inactividad del equipo de tecnología de la información causado por problemas de potencia o enfriamiento del sistema o de rendimiento; instalación o calibración defectuosa o errores de programación de software que no se detectan hasta después de que el edificio está en operación.

### 4.3.3. Crédito

Para la obtención de puntos en el crédito de Comisionamiento Avanzado el CxA se deben de realizar dos planes adicionales que complementan el plan de comisionamiento requerido en el prerrequisito. A continuación se describen los procesos que califican para este crédito.

- 1) El Comisionamiento Basado en Monitoreo, el cual tiene como objetivo proporcionar al propietario y a los operadores información automatizada sobre el desempeño de los sistemas y equipos durante la operación del edificio, además permite monitorear el consumo energético y detectar problemas en la operación.
- 2) El Comisionamiento de la Envoltura del Edificio consiste en realizar pruebas de verificación térmica y calor de la fachada para mejorar el rendimiento en la construcción y minimizar el consumo energético de los sistemas durante el ciclo de vida del edificio.

Figura 5 - Planes de Comisionamiento Avanzado



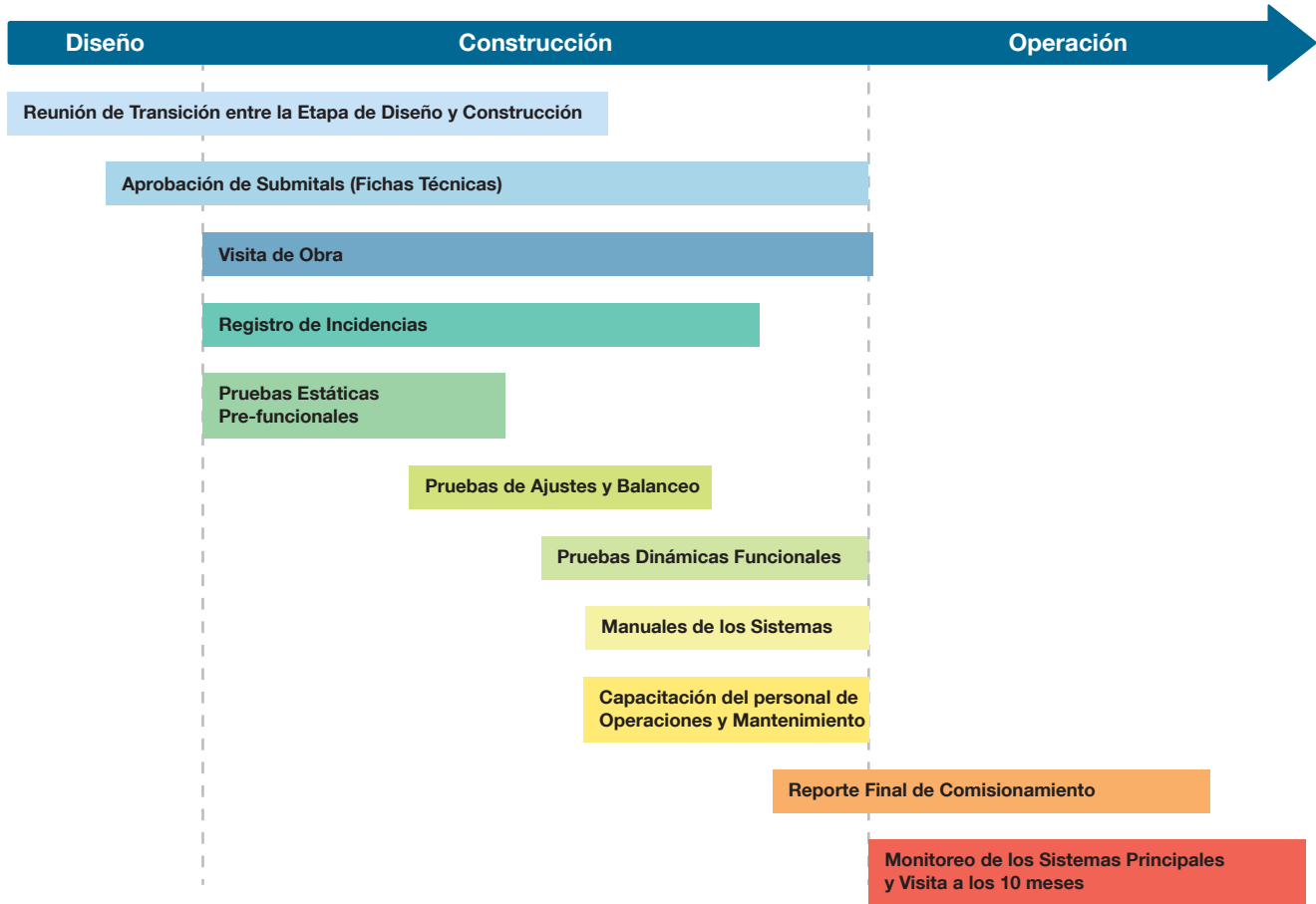
El plan MBCx está programado para verificar el funcionamiento de los sistemas propuestos durante el primer año de operación del edificio. En la figura 3 se describen los sistemas que el CxA evalúa, así como los requerimientos de monitoreo que tiene, mientras que en el plan BECx se evalúan la pruebas de equipos y sistemas para la fachada del edificio.

Si bien los planes de comisionamiento se desarrollan en la etapa de diseño, gran parte de las actividades descritas en los mismos se implementan durante la etapa de construcción. Para pasar a la etapa de construcción el CxA realiza revisiones del diseño esquemático y del proyecto ejecutivo de los sistemas considerados en sus alcances.

#### 4.3.4. Actividades durante el proceso de construcción y puesta en marcha

En la figura 6 se describen las actividades que desempeña el CxA considerando la transición entre la etapa de diseño y la etapa de construcción, hasta el primer año de la etapa de operación del edificio. Cabe señalar que el CxA realiza este proceso con cada uno de los cuatro edificios LEED que forman parte del proyecto del NAICM.

Figura 6 - Línea de tiempo de actividades durante el proceso de construcción



Las actividades del CxA en esta etapa son secuenciales y todas son fundamentales para completar el proceso de comisionamiento. Sin embargo, las distintas pruebas que se llevan a cabo para verificar el funcionamiento de los sistemas con base en las metas planteadas en la etapa de diseño, permiten identificar el estatus del sistema holísticamente y determinar si se lograron las metas propuestas. A continuación se describen las pruebas que deben de implementar los subcontratistas de distintas especialidades:

*Pruebas estáticas pre-funcionales*

Estas son evaluaciones de manera estática e independiente de cada componente y equipo que conforman los sistemas para verificar que cumplan con los requerimientos mínimos establecidos. Las pruebas pre-funcionales tienen como objetivo preparar los sistemas para después realizar las pruebas funcionales. Durante la evaluación el CxA se encarga de desarrollar los protocolos de las pruebas pre-funcionales con base en los documentos constructivos y estándares. Cabe señalar que el proceso se hace a través de una lista de verificación que evalúa de manera visual únicamente el 20% de los componentes, mientras que en el caso de los equipos implica la verificación visual, la instalación y la puesta en marcha.

Para la implementación de las pruebas el CxA es responsable de capacitar a los contratistas y subcontratistas de cada especialidad, con el fin de que ellos mismo puedan llevar a cabo las pruebas sin la supervisión del agente. Una vez que el subcontratista haya capturado las pruebas el CxA revisará y dictaminará si la prueba es aceptada o no.

### *Pruebas de ajustes y balanceo*

En estas pruebas el subcontratista se basa en el protocolo elaborado por el agente de comisionamiento para ajustar y balancear los sistemas instalados con el objetivo de obtener los valores especificados en los documentos constructivos. Al finalizar las pruebas el subcontratista enviará un reporte al CxA para su revisión.

### *Pruebas dinámicas funcionales*

En estas pruebas se evalúa el funcionamiento de los sistemas de manera integrada, es decir, el comportamiento y el rendimiento de los componentes, equipos y controles. Durante el proceso se verifican los modos y secuencias de operación para obtener los valores documentados en las BoD. El CxA es el encargado de desarrollar los protocolos con base en las BoD para definir los modos y secuencias que se esperan en las pruebas, mientras que los subcontratistas de cada especialidad están encargados de efectuar las pruebas de cada sistema o componente instalado. Una vez obtenida la resolución de las pruebas funcionales el CxA se encarga de documentar el estatus de la prueba

## **4.4. Casos Comparativos**

La experiencia de distintas entidades interesadas en los procesos de edificación que buscan alcanzar estándares de eficiencia energética, afirman que el comisionamiento también beneficia a los proyectos en términos de costo-efectividad. Para explicar el costo-efectividad este reporte se basa en el estudio “Edificios Comisionados” elaborado por Mills (2009), el cual desarrolla criterios para caracterizar el costo-efectividad de los proyectos que han sido comisionados. De acuerdo con dicho estudio el proceso de comisionamiento es una buena oportunidad para ahorrar energía, dinero y emisiones de gases de efecto invernadero, alcanzando casi el doble del nivel promedio general de ahorro y cinco veces el ahorro de los proyectos sin comisionamiento. La tabla 1 proporciona un resumen de las características de la muestra que realizaron a 409 proyectos comisionados en 26 estados de Estados Unidos de Norteamérica, entre ellos 332 eran proyectos existentes y 77 nuevos proyectos.



Tabla 1 - Muestra de las Características, Resultados e Inversión

	Total	Existentes	Nuevos
<b>Características</b>			
Número de proyectos	409	332	77
Número de edificios	643	581	82
Número de estados	26	21	15
Identificación de proveedores de comisionamiento [1]	37	28	15
Total del área comisionada (pie2)	99,224,809	90,410,884	8,813,925
Públicos	71%	69%	85%
Privados	29%	31%	15%
<b>Inversión</b>			
Inversión en comisionamiento (USD\$2009) [2]			
Costo total del proyecto	43,484,002	28,582,970	14,921,031
(USD\$2009/project)		49,075	86,987
(USD\$2009/ft)		0.30	1.16
Costo en % del costo de construcción			0.4%
<b>Resultados</b>			
Número de deficiencias identificadas [3]	10,108	6,652	3,528
Número de medidas [3]	5,795	4,104	1,691
Ahorro de energía			
Total de energía primaria		16%	13%
Tiempo de retorno (años) [4]		1.1	4.2
Costo beneficio en ratio [4]		4.5	1.1
Retorno en efectivo [4]		91%	23%
Costo del carbono conservado (\$toneladas) [4]		-110	-24

Elaborado por Mills (2009)

Nota: las estadísticas son valores medianos. Los nuevos valores o ratios no deberían calcularse combinando números en esta tabla, ya que los tamaños simples para los que hay datos disponibles varían según la fila.

[1] El proveedor es conocido por el 55% del área de piso tratada en los proyectos de construcción existentes y el 43% en los proyectos de nueva construcción.

[2] Costos brutos (excluyendo impactos no energéticos).

[3] Sin contabilizar sistemáticamente porque algunos proyectos informaron "Sí / No" en lugar de cuentas absolutas. Estos tabulados como 0.999 para fines de escrutinio.

[4] Incluye impactos no energéticos para proyectos donde la información está disponible.

De acuerdo con la investigación realizada por Mills, el tiempo de retorno es de 4.2 años para proyectos nuevos y 1.1 años para proyectos existentes. El costo inicial de comisionamiento es del 0.4% del costo total de construcción de un proyecto nuevo. En términos energéticos la media del ahorro calculado a partir del proceso de comisionamiento es del 16% en proyectos existentes y de 13% en proyectos nuevos, es decir, los proyectos existentes tienen un ahorro energético mayor porque es más fácil identificar y corregir deficiencias durante la construcción y el diseño.

### 4.5. Retrocomisionamiento

El retrocomisionamiento es la aplicación del proceso de comisionamiento a un edificio existente. Este es un proceso que busca mejorar el funcionamiento de los equipos y sistemas en conjunto. Dependiendo de la antigüedad del edificio el retrocomisionamiento puede resolver problemas que ocurrieron durante las fases de diseño o construcción, o problemas que se han desarrollado durante la vida del edificio. En resumen el retrocomisionamiento mejora los procedimientos de operación y mantenimiento de un edificio para mejorar de manera general el funcionamiento del edificio. El retrocomisionamiento es muy similar al comisionamiento continuo para edificios nuevos que han seguido este proceso desde el comienzo del diseño. El proceso de comisionamiento continuo se llevará a cabo para el NAICM.

Este proceso al ser realizado en edificios ya funcionales da un buen parámetro de los beneficios que trae el uso de un comisionamiento desde las etapas tempranas de la vida del edificio. Se estima que este proceso tiene un costo de entre .23\$/m<sup>2</sup> y .8\$/m<sup>2</sup> y el tiempo de retorno de inversión oscila de 0.2 a 2.1 años.

Los puntos principales en los que se enfoca son:

- Mejorar la operación del sistema.
- Mejorar el desempeño de los equipos.
- Brindar capacitación al personal de operación y mantenimiento.
- Ahorros de energía.
- Mejorar la calidad del ambiente al interior del edificio.
- Mejorar la documentación del edificio.

Características de edificios de bajo rendimiento:

- La mala operación o programación de los equipos y sistemas resulta en mayor consumo de energía, lo cual se traduce a mayores costos.
- La reparación o cambio de equipo inesperado afecta económicamente de manera directa a los propietarios pero esto también repercute en el personal ya que obstruye las actividades.
- Una mala calidad del aire puede provocar enfermedades a los usuarios, esto causará ausentismo y por lo tanto pérdidas para los empleadores.

### 4.5.1. Beneficios en el mantenimiento y operación

Por otro lado, si el proceso evita soluciones rápidas y aborda las causas de raíz para mejorar sistemáticamente los sistemas del edificio. En comparación con las prácticas de mantenimiento preventivas que se enfocan en la fiabilidad y capacidad de equipos y componentes, el retrocomisionamiento hace una evaluación exhaustiva de las operaciones, las estrategias de control, las secuencias de operación y la forma en que funcionan juntos el equipo mecánico, la iluminación, el envoltente del edificio y los controles relacionados.

- Expone las necesidades del propietario y los requisitos del proyecto a la vanguardia para asegurar que las operaciones de construcción resultantes cumplan con las expectativas.
- Mejora el rendimiento general del edificio mediante la optimización de la eficiencia energética y características de diseño y aborda directamente cuestiones como el rendimiento de la integración de sistema.
- Verifica que los miembros del personal de construcción están bien entrenados y cuentan con la documentación necesaria para operar y mantener el edificio.
- Identifica problemas potenciales de calidad ambiental en interiores y elimina quejas de los ocupantes.

### Conclusiones

- El comisionamiento es un proceso que asegura que los sistemas cumplan con los requerimientos del propietario y las metas planteadas durante el diseño, así como estrategias que prolonguen estas metas durante la vida del edificio. Específicamente para el proyecto del NAICM se busca alcanzar en promedio el 50% de ahorro en agua y energía.
- El contar con comisionamiento ayuda a mitigar impactos tales como:
  - Los sistemas pierden su equilibrio en el funcionamiento con el tiempo, debido a válvulas, variaciones menores o desajustes de sus configuraciones.
  - Afectación en los sistemas por variación de los usos de los espacios y requerimientos operacionales.
  - Reparaciones no registradas ni documentadas por parte de técnicos afectan el mantenimiento planificado.
  - Control inapropiado de la ventilación del aire.
  - Incremento injustificado en el consumo de energía.
  - Instalación deficiente de equipos.
- Prolonga la vida útil de los equipos y sistemas, así como garantiza su adecuado funcionamiento y uso.
- Capacitación adecuada del personal técnico de operación y mantenimiento.
- Una visión holística del funcionamiento de equipos y componentes individuales aumenta su rentabilidad y capacidad.
- Procesos eficientes de mantenimiento reducen los costos de operación

### Referencias

- National Institute of Building Science, Whole Building Design Guide, Consultado en: <https://www.wbdg.org/building-commissioning>
- National Institute of Building Science, Whole Building Design Guide, Consultado en: Consultado en: <https://www.wbdg.org/design-objectives/cost-effective>
- National Building Commissioning, The Cost of Commissioning New and Existing Comercial Buildings, Consultado en: [http://www.ctcleanenergy.com/Portals/0/board-materials/5\\_a\\_Mills%20Study.pdf](http://www.ctcleanenergy.com/Portals/0/board-materials/5_a_Mills%20Study.pdf)
- California Energy Commission, Building Commissioning, Consultado en: <http://cx.lbl.gov/documents/2009-assessment/lbnl-cx-cost-benefit.pdf>
- California Commissioning Collaborative, California Commissioning Guide: Existing Buildings Consultado en: <https://www.documents.dgs.ca.gov/green/commissioningguideexisting.pdf>
- Revitaliza Consultores, Plan de Comisionamiento, Edificio Terminal de Pasajeros, Proyecto: Nuevo Aeropuerto Internacional de la Ciudad de México.
- U.S. Green Building Council, LEED Reference Guide for Building Design and Construction, Versión 4, Edición 2013

### 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 desarrolla se basa en la versión 4 de LEED, la cual se clasifica en las 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 en el 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 usaran agua tratada en los edificios que buscan obtener la valuación LEED.
- Uso de accesorios de baño de bajo consumo para lavabos que usaran 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.