



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
PROGRAMA DE MAESTRÍA Y DOCTORADO EN INGENIERÍA
INGENIERÍA CIVIL – CONSTRUCCIÓN

COMISIONAMIENTO EN INGENIERÍA CIVIL: PROCESO PARA EL
MEJORAMIENTO DE LA CONSTRUCCIÓN INTEGRAL EN LA OBRA PRIVADA
EN MÉXICO. MENCIÓN DE CASOS DE ESTUDIO.

TESIS
QUE PARA OPTAR POR EL GRADO DE:
MAESTRO EN INGENIERÍA

PRESENTA:
ING. BARBARA CASTRO MEJIA

TUTOR PRINCIPAL:
ING. GUILLERMO CASAR MARCOS, FACULTAD DE INGENIERÍA

CIUDAD UNIVERSITARIA, CDMX., ABRIL 2018



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

JURADO ASIGNADO:

Presidente: Dr. Meza Puesto Jesús Hugo

Secretario: M. en I. Macuil Robles Sergio

Vocal: Ing. Casar Marcos Guillermo

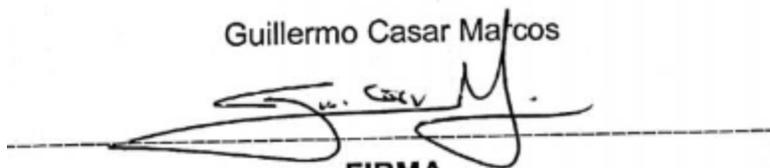
1^{er.} Suplente: M. I. Mendoza Rosas Marco Tulio

2^{d o.} Suplente: M. en A. Roldán Morales Laura Minerva

Ciudad de México, Abril 2018.

TUTOR DE TESIS:

Guillermo Casar Marcos



FIRMA



Agradecimientos

Cariñosamente, a mi familia por creer en mí, estar siempre ahí y sin importar mis decisiones apoyarme en todo momento, aunque eso implique estar lejos de casa.

A la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), por haberme albergado en sus aulas a lo largo de mis estudios de posgrado y colaborar en mi crecimiento profesional y personal.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT) por su apoyo económico, que sin duda alguna fue un punto clave para concentrarme en mis estudios.

A mis maestros por compartir tantos conocimientos en clase y por los consejos que recibí cariñosamente de ellos. Siempre tendrán mi respeto y admiración.

A mi tutor de tesis: Ing. Guillermo Casar Marcos, que con su apoyo, consejo, conocimiento y trabajo duro hemos logrado que este documento sea lo que es.

A mis amigos, especialmente Erick, Jorge y Ramón, que me apoyaron desde el inicio en esta travesía y apoyo incondicional.

A mis compañeros de clase con los que compartí tantas vivencias, trabajos en equipo, tristezas, alegrías, cumpleaños, cenas de navidad, en fin... creo que hice nuevos amigos.

Y ... a mí por nunca desistir y luchar por mis sueños.

GRACIAS



Resumen

Nuestro país cuenta con muchas historias de éxito en la edificación, infraestructura y vivienda, grandes edificios que tienen décadas y que forman parte de nuestra historia inherente, sin embargo, existen otros casos en los que somos y hemos sido testigos de toma de decisiones sin suficientes datos técnicos y planeación, modificaciones de proyecto durante la construcción o peor aún; sobre elementos ya construidos y que es necesario modificar o incluso demoler, a veces no solo una, sino dos o incluso más veces, construcciones donde los presupuestos se elevan de manera vertiginosa, y al momento de la entrega del edificio el personal a cargo de la operación y mantenimiento no cuenta con los conocimientos suficientes de cómo funcionan e interactúan todos los sistemas que integran dicha edificación, ocasionando que el inmueble se deteriore a un paso acelerado, se dañen equipos aumentando los costos de operación y se genere inconformidad en sus habitantes. Ante tal escenario es necesario replantearnos la forma en que estamos acostumbrados a trabajar y hacer un esfuerzo por mejorar nuestras prácticas.



Abstract

Our country has many stories of success in building, infrastructure and housing, large buildings that have decades and are part of our inherent history, however, there are other cases in which we are and we have witnessed decisions without sufficient technical data and planning, project modifications during construction or worse; on elements already built and that it is necessary to modify or even demolish, sometimes not only once, but twice or even more times, constructions where budgets rise vertiginously, and at the time of delivery of the building the staff does not have sufficient knowledge of how all the systems in the building work and interact, causing the building to deteriorate at an accelerated pace, damaging equipment, increasing operating costs and generating dissatisfaction among its inhabitants. In such a scenario it is necessary to rethink the way we are use to work and make an effort to improve our practices.



ÍNDICE

| | |
|---|----|
| Lista de figuras..... | 7 |
| Lista de tablas..... | 9 |
| Simbología..... | 9 |
| Objetivos..... | 10 |
| Introducción..... | 10 |
| CAPÍTULO 1. GENERALIDADES..... | 11 |
| 1.1 Antecedentes..... | 11 |
| 1.2 ¿Qué es el comisionamiento?..... | 15 |
| 1.3 Norma NMX-C-506-ONNCCE-2015 sobre comisionamiento..... | 16 |
| 1.3.1 Objetivo..... | 17 |
| 1.3.2 Campo de aplicación..... | 17 |
| 1.3.3 Proceso de comisionamiento..... | 18 |
| 1.3.4 Documentación requerida en el proceso de comisionamiento..... | 22 |
| 1.3.5 Miembros del equipo de comisionamiento (ECx)..... | 24 |
| 1.3.5.1 Agente de comisionamiento ACx..... | 25 |
| 1.3.5.2 Dueño..... | 26 |
| 1.3.5.3 Equipo de diseño..... | 26 |
| 1.3.5.4 Contratista y subcontratista..... | 27 |
| 1.3.5.5 Equipo de operación y mantenimiento..... | 28 |
| 1.3.6 Métodos de comprobación..... | 28 |
| 1.3.6.1 Certificación del Agente de Comisionamiento..... | 29 |
| 1.3.6.2 Verificación del proceso de comisionamiento..... | 29 |
| CAPÍTULO 2. COMISIONAMIENTO EN INGENIERÍA CIVIL..... | 30 |
| 2.1 Antecedentes..... | 30 |
| 2.2 Objetivo..... | 30 |
| 2.3 Campo de aplicación..... | 31 |
| 2.4 Proceso de Comisionamiento..... | 31 |
| CAPÍTULO 3. PRE-DISEÑO..... | 39 |



| | | |
|-------------------------------|--|----|
| 3.1 | Requerimientos del Dueño para el Proyecto (RDP) | 40 |
| 3.2 | Factibilidad del Comisionamiento | 42 |
| 3.3 | Plan de Comisionamiento (PCx) | 44 |
| 3.4 | Registro de incidentes | 45 |
| 3.5 | Reporte del Proceso de Comisionamiento en la etapa de Pre-Diseño | 46 |
| CAPÍTULO 4. DISEÑO | | 47 |
| 4.1 | Responsabilidades durante la Fase de Diseño | 49 |
| 4.2 | Bases de diseño (BDD)..... | 50 |
| 4.2.1 | Diseño arquitectónico y selección de materiales | 51 |
| 4.2.2 | Cálculo estructural | 51 |
| 4.2.3 | Análisis por sismo y viento | 53 |
| 4.2.4 | Disipadores de energía..... | 54 |
| 4.2.5 | Modelación estructural..... | 54 |
| 4.3 | Modelado de información para la edificación (BIM)..... | 55 |
| 4.4 | Documentación requerida para la construcción | 57 |
| 4.4.1 | Checlist para la construcción..... | 58 |
| 4.5 | Pruebas y listas de verificación de la construcción | 59 |
| 4.6 | Actualización de los RDP..... | 60 |
| 4.7 | Actualización del PCx..... | 60 |
| 4.8 | Manuales de operación de la edificación (MOE) | 61 |
| 4.9 | Requisitos de entrenamiento | 63 |
| CAPÍTULO 5. CONSTRUCCIÓN..... | | 65 |
| 5.1 | Responsabilidades durante la Fase de Construcción | 68 |
| 5.2 | Reuniones durante la Fase de Construcción | 69 |
| 5.2.1 | Reunión pre-inicio de construcción | 70 |
| 5.2.2 | Reuniones del ECx | 70 |
| 5.2.3 | Reuniones periódicas al sitio de trabajo | 71 |
| 5.3 | Actualización de los RDP y BDD..... | 72 |
| 5.4 | Actualización del PCx..... | 73 |
| 5.5 | Programación de las actividades del Cx | 73 |
| 5.6 | Fichas técnicas para la construcción | 74 |



| | | |
|--|---|-----|
| 5.7 | Cumplimiento de los RDP | 75 |
| 5.7.1 | Control de obra bajo la herramienta BIM | 75 |
| 5.7.2 | Utilización de Checklist constructivos | 76 |
| 5.8 | Prueba de sistemas..... | 77 |
| 5.8.1 | Procedimientos de pruebas | 78 |
| 5.8.2 | Realización de pruebas..... | 79 |
| 5.8.3 | Almacenamiento de la información de las pruebas | 80 |
| 5.9 | Actualización del registro de incidentes..... | 81 |
| 5.10 | Actualizar MOE | 82 |
| 5.11 | Entrenamiento..... | 82 |
| 5.12 | Reporte final de la Construcción | 84 |
| CAPÍTULO 6. OCUPACIÓN Y OPERACIÓN..... | | 85 |
| 6.1 | Responsabilidades durante la Fase de Ocupación y Operación..... | 87 |
| 6.2 | Pruebas estacionales | 89 |
| 6.3 | Inspección del desempeño antes del final del periodo de garantías | 90 |
| 6.4 | Documentación de recomendaciones y desempeño óptimo | 90 |
| 6.5 | Actualización del registro de incidentes..... | 91 |
| 6.6 | Lecciones aprendidas | 92 |
| 6.7 | Reporte final del proceso completo | 93 |
| 6.8 | Recepción del inmueble | 94 |
| 6.9 | Comisionamiento continuo | 94 |
| CAPÍTULO 7. ESTUDIOS Y RESULTADOS OBTENIDOS POR DIFERENTES AGENCIAS ESTADOUNIDENSES SOBRE COMISIONAMIENTO, RESULTADOS DE CASOS DE ESTUDIO EN ESTADOS UNIDOS DE AMÉRICA Y PRONÓSTICO DEL COMISIONAMIENTO EN EL PAÍS. | | 95 |
| 7.1 | Estudios de costo-beneficio del comisionamiento realizados por Portland Energy Conservation, Inc. (PECI) y presentados por General Services Administration (GSA) | 96 |
| 7.2 | Resultados de casos de estudio realizados con Comisionamiento a través de BetterBricks: Bottom line thinking on energy..... | 99 |
| | Caso de estudio 1: Corte de justicia Ada, BetterBricks..... | 102 |
| | Caso de estudio 2: Edificio Banco Banner, BetterBricks..... | 104 |
| | Estrategias y características del Banco Banner | 105 |
| | Análisis energético y financiero | 107 |



| | |
|--|-----|
| Lecciones aprendidas por Banco Banner | 108 |
| Caso de estudio 3: edificio Alley 24 | 110 |
| Proceso del diseño | 111 |
| Clima..... | 112 |
| Uso..... | 112 |
| Cargas | 112 |
| Sistemas..... | 113 |
| Medición y verificación | 114 |
| 7.3 Interpretación de datos del extranjero | 115 |
| 7.4 Visualización del futuro del Comisionamiento en el país | 116 |
| Conclusiones..... | 117 |
| ANEXOS..... | 119 |
| ANEXO A GUÍA DE TRABAJO PARA LOS REQUERIMIENTOS DEL DUEÑO PARA EL PROYECTO | 120 |
| ANEXO B REQUERIMIENTOS DEL DUEÑO PARA EL PROYECTO (RDP). | 123 |
| ANEXO C BASES DE DISEÑO (BDD)..... | 137 |
| ANEXO D MODELO DE PCx PARA LA FASE DE DISEÑO | 138 |
| ANEXO E CKECKLIST CONSTRUCTIVOS..... | 172 |
| ANEXO F EJEMPLOS DE MUESTREO BASADOS EN LA CALIDAD..... | 180 |
| ANEXO G MODELO DE PCx PARA LA CONSTRUCCIÓN | 183 |
| ANEXO H MANUAL DE LOS SISTEMAS | 213 |
| ANEXO I MANUAL DE ENTRENAMIENTO Y NECESIDAD OES DE ENTRENAMIENTO | 217 |
| Bibliografía..... | 228 |

Lista de figuras

| | |
|---|----|
| Fig. 1 Organización típica hasta mediados de los años 1970's (Building Commissioning Assotiation, 2010)..... | 12 |
| Fig. 2 Organización típica después de la mitad de los años 1907's (Building Commissioning Assotiation, 2010)..... | 12 |



| | |
|---|-----|
| Fig. 3 Puente entre los diferentes equipos del proyecto (Building Commissioning Assotiation, 2010)..... | 12 |
| Fig. 4 Diagrama general de flujo del proceso de comisionamiento. | 19 |
| Fig. 5 Etapa de Pre-diseño | 20 |
| Fig. 6 Etapa de Diseño | 20 |
| Fig. 7 Etapa de Construcción | 21 |
| Fig. 8 Etapa de Ocupación y Operación..... | 21 |
| Fig. 9 Documentación requerida Pre-Diseño, NMX-C-506-ONNCCE-2015, Tabla 2.- Documentación requerida en el proceso de Comisionamiento. | 22 |
| Fig. 10 Documentación requerida Diseño, NMX-C-506-ONNCCE-2015, Tabla 2.- Documentación requerida en el proceso de Comisionamiento. | 23 |
| Fig. 11 Documentación requerida Construcción, NMX-C-506-ONNCCE-2015, Tabla 2.- Documentación requerida en el proceso de Comisionamiento. | 24 |
| Fig. 12 Documentación requerida Ocupación y Operaciones, NMX-C-506-ONNCCE-2015, Tabla 2.- Documentación requerida en el proceso de Comisionamiento..... | 24 |
| Fig. 13 Proceso de comisionamiento en Ingeniería Civil, apegado a la NMX-C-506-ONNCCE- 2015..... | 31 |
| Fig. 14 Actividades a desarrollarse por los diferentes participantes del proceso de Cx, según la norma NMX-C-506-ONNCCE-2015 y la Building Commissioning Association, adaptaciones realizadas por el Autor. | 38 |
| Fig. 15 Actividades a desarrollarse por los diferentes participantes del proceso de Cx en la Fase de Pre-diseño, según la norma NMX-C-506-ONNCCE-2015 y la Building Commissioning Association, adaptaciones realizadas por el Autor. | 39 |
| Fig. 16 Actividades a desarrollarse por los diferentes participantes del proceso de Cx en la Fase de Diseño, según la norma NMX-C-506-ONNCCE-2015 y la Building Commissioning Association, adaptaciones realizadas por el Autor. | 47 |
| Fig. 17 Actividades a desarrollarse por los diferentes participantes del proceso de Cx en la Fase de Construcción, según la norma NMX-C-506-ONNCCE-2015 y la Building Commissioning Association, adaptaciones realizadas por el Autor..... | 66 |
| Fig. 18 Actividades a desarrollarse por los diferentes participantes del proceso de Cx en la Fase de Ocupación y Operación, según la norma NMX-C-506-ONNCCE-2015 y la Building Commissioning Association, adaptaciones realizadas por el Autor..... | 86 |
| Fig. 19 Gráfica de costo de Comisionamiento por tipo de edificio, Portland Energy Conservation, Inc, (PECI). | 97 |
| Fig. 20 Gasto comercial promedio anual, dólar/pie cuadrado, Building Owners and Managers Association; Electric Power Research Institute; Statistical Abstract of the United States. | 99 |
| Fig. 21 Corte de justicia Ada, Boise, Idaho. BetterBricks..... | 102 |
| Fig. 22 Datos rápidos del Comisionamiento. BetterBricks. | 103 |
| Fig. 23 Fachada Banco Banner. BetterBricks..... | 104 |



| | |
|--|-----|
| Fig. 24 Ventilanas en pisos, edificio Banco Banner, BetterBricks. | 105 |
| Fig. 25 Exterior edificio Banco Banner, BetterBricks..... | 109 |
| Fig. 26 Edificio Alley 24, BetterBricks. | 110 |
| Fig. 27 Ventanas edificio Alley 24, BetterBricks. | 113 |
| Fig. 28 Edificio Alley 24, BetterBricks. | 114 |

Lista de tablas

| | |
|--|-----|
| Tabla 1 Datos generales Banco Banner, BetterBricks. | 104 |
| Tabla 2 Edificio base vs Edificio del Banco Banner. BetterBricks. | 107 |
| Tabla 3 Índice de Uso de Energía del Edificio Alley 24, BetterBricks. | 111 |
| Tabla 4 Cuadro comparativo de casos de estudio..... | 115 |
| Tabla 5. Roles y responsabilidades del Comisionamiento durante el Diseño..... | 146 |
| Tabla 6. Revisión del ACx del desarrollo del Diseño..... | 150 |
| Tabla 7. Progresión de la documentación del diseño | 153 |
| Tabla 8. Revisión de especificaciones y planos por el ACx (50% y 90%), Actividad 7 | 162 |
| Tabla 9. Programa del Cx-Fase de Diseño | 165 |

Simbología

| | |
|-----|---|
| RDP | Requerimientos del dueño para el proyecto |
| ACx | Agente de comisionamiento |
| BDD | Bases de diseño |
| PCx | Plan de comisionamiento |
| ECx | Equipo de comisionamiento |
| MOE | Manual de operación de la edificación |
| O&M | Operación y mantenimiento |
| MAC | Movimientos, adiciones y cambios |
| FT | Fichas técnicas de cumplimiento |



Objetivos

Promover la norma mexicana NMX-C-506-ONNCCE-2015 referente a Comisionamiento.

Identificar, comprender y encontrar metodologías y recomendaciones para la correcta aplicación del comisionamiento en ingeniería civil para la edificación integral y sustentable en la obra privada en el país.

Integrar la información obtenida de la norma mexicana NMX-C-506-ONNCCE-2015 con el procedimiento y estrategias propuestos en este documento de tesis referente a la ingeniería civil.

Brindar un panorama organizado, lógico y completo del procedimiento de Comisionamiento en ingeniería civil propuesto por el autor, conjuntado con documentación de propuesta de documentos utilizados actualmente para la aplicación del Comisionamiento. Así, de manera sólida se responden las preguntas básicas que originaron este tema de tesis, ¿Qué es el Comisionamiento? ¿Cómo está compuesto el procedimiento? ¿Cómo es aplicado a la ingeniería civil? ¿Cómo y dónde se integran las propuestas del autor al proceso de Comisionamiento en la ingeniería civil?, y la que más influyó en la adición de los anexos de este documento, ¿Cómo se aplica en un proyecto real?

Mostrar, a través de casos de estudio, la utilidad y beneficios de la implementación del comisionamiento en la edificación, ya sea, tipo industrial, oficinas, departamental, vivienda, etc., dados los resultados obtenidos a través de los mismos.

Introducción

El Comisionamiento, como se le conoce en nuestro país, fue introducido en años recientes siendo anunciado oficialmente como la norma NMX-C-506-ONNCE-2015, la cual se dio a conocer mediante su publicación en el Diario Oficial de la Federación el día 26 de agosto del año 2015.

El origen de la aplicación de este proceso en la construcción proviene principalmente de nuestros vecinos del norte, los Estados Unidos de América. El “Commissioning”, como se conoce en aquella nación y otras partes del mundo, ha sido implementado rigurosamente desde hace un par de décadas, hoy en día se percibe como “Business As Usual”, es decir,



que se ejecuta en todos los proyectos de manera normal e intuitiva, siendo tratado como cualquier otra fase en la vida de una construcción. Dados los resultados y los claros beneficios que se obtienen al aplicar este proceso en proyectos de gran magnitud, durante los últimos años, se ha consolidado al comisionamiento como un proceso eficiente y eficaz digno de ser aplicado.

CAPÍTULO 1. GENERALIDADES

Antes de profundizar en el Comisionamiento en ingeniería civil, considero necesario realizar una semblanza de los antecedentes, significados y aplicaciones del Comisionamiento.

1.1 Antecedentes

El comisionamiento es una práctica que se ha venido desarrollando desde hace décadas, primeramente en Canadá y luego en los Estados Unidos de América, siendo estos los pioneros en su aplicación y establecimiento de las pautas que definen a cada elemento que compone este proceso de aseguramiento en la calidad.

Históricamente proviene de la construcción naval. Un barco comisionado, es aquel que está construido y listo para dejar el puerto. Antes de que se adjudique con este nombre, la nave debe cumplir con muchos controles y pruebas. Todo el equipamiento debe estar instalado y probado, los problemas que fueron detectados son corregidos y la tripulación está extensamente entrenada. Un barco comisionado es aquel que sus materiales, sistemas y el personal han cumplido exitosamente a través del proceso de aseguramiento de calidad (CA Commissioning Guide: New Buildings 2006). La razón por la que se decide llevar este proceso tan exhaustivamente es porque hay vidas que podrían estar en riesgo si algo llegara a pasar en altamar, sin mencionar los costos adicionales que una falla pudiera ocasionar y el tiempo que se podría tomar en solucionarse.

Hasta mediados de la década de 1970's un proyecto estaba formado de seis partes y las edificaciones no eran tan complejas como lo son hoy en día, debido a que el desempeño y eficiencia energética no era tan alto. Después de esta década los proyectos ya contaban con diez partes esto gracias a la complejidad que se requería debido principalmente a la crisis en los energéticos. Los resultados del incremento en los tamaños

y complejidad de los equipos del proyecto resultaron en una baja coordinación entre los miembros de los equipos, se pedían detalles constructivos, los costos aumentaban debido a los cambios y retrasos en el programa (Building Commissioning Assotiation, 2010).

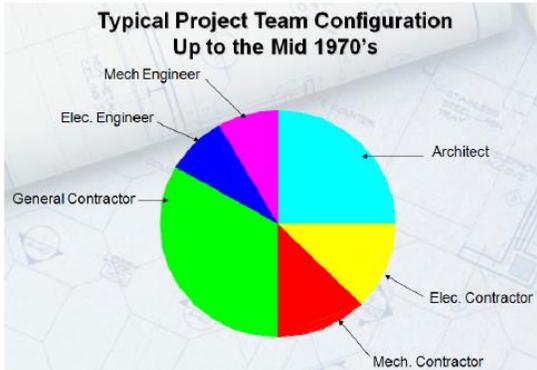


Fig. 1 Organización típica hasta mediados de los años 1970's (Building Commissioning Assotiation, 2010).

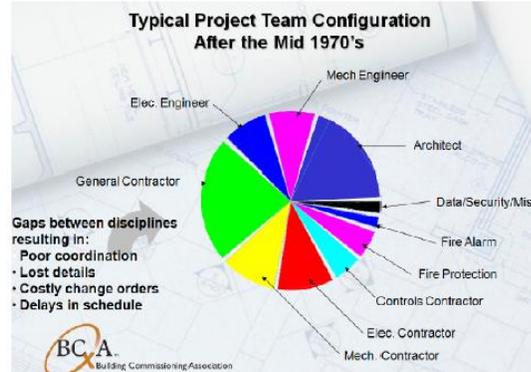


Fig. 2 Organización típica después de la mitad de los años 1907's (Building Commissioning Assotiation, 2010).

Una de las razones por las que el comisionamiento ha cobrado fuerza es debido a que los dueños se han percatado que este proceso sirve de puente entre las diferentes especialidades, logrando que los diferentes equipos tengan una comunicación fluida, cooperen entre ellos y aumente la documentación detallada del proyecto. Resultando en actividades con mejor transición, arranque correcto de los equipos y sistemas, así como un gratificante ahorro en el consumo de energía y recursos.

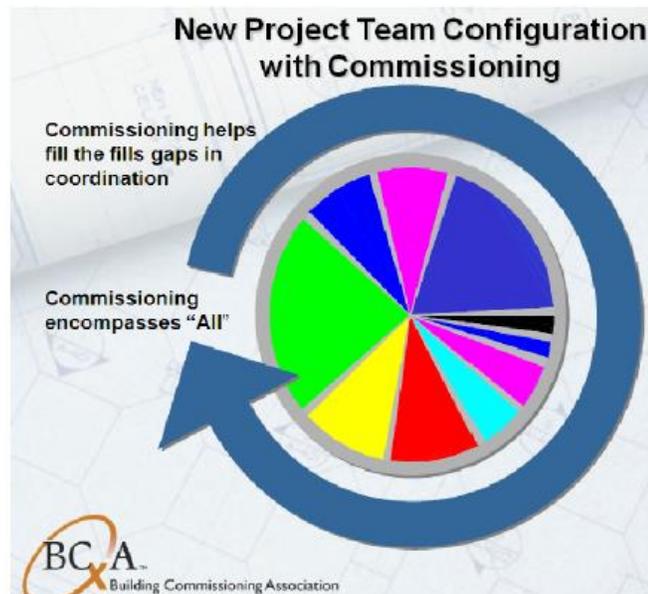


Fig. 3 Puente entre los diferentes equipos del proyecto (Building Commissioning Assotiation, 2010).



Las principales organizaciones que han dedicado sus esfuerzos por establecer los estándares y procedimientos para la aplicación correcta del comisionamiento se mencionan a continuación:

- La ASHRAE, con el documento Guideline 0-2013 The Commissioning Process, en su versión más actualizada. Aunque el primer comité en ser creado fue el de HVAC, formado desde 1984, con la HVAC Commissioning Guideline publicada en 1988, desde entonces se ha seguido estudiando y mejorando esta guía hasta llegar a lo que tenemos hoy. En estas guías se muestra y explica de forma ordenada todos los elementos que integran al comisionamiento, además se incluyen documentos y formatos que facilitan la obtención de información, así como la documentación de la misma. En 2013 se publicó el Standard 202-2013 Commissioning Process for Buildings and Systems, en el cual se describe cómo se debe realizar el plan de comisionamiento, el comportamiento esperado y cómo se debe documentar el proceso de comisionamiento para que el proyecto sea exitoso, al igual que la guía, se incluyen formatos, checklists, manuales de sistemas, reportes, plan de entrenamiento entre muchos otros documentos.
- A su vez en Canadá se desarrolló por la Public Works and Government Services Canada (PWGSC) el Commissioning Manual (CP.1) (Manual de Comisionamiento), en su cuarta edición publicada en noviembre del 2006. Creado con el propósito de proveer una guía para la implementación del comisionamiento para todos los proyectos que esta dependencia ejecuta.
- En 1996 se creó la Building Commissioning Association (BCxA), la cual promueve una guía del comisionamiento y buenas prácticas al sector de la construcción. La última versión del Building Commissioning Handbook, se publicó en octubre de 2015, los documentos que contienen las buenas prácticas para el sector de la construcción se actualizan con mayor frecuencia. Esta institución ofrece también un programa de certificación online en el cual no es necesario contar con una licenciatura para poder ingresar a él, ya que uno de sus principales objetivos es que las personas que desempeñan algún papel en la ejecución del comisionamiento, lo hagan con responsabilidad y posean el conocimiento y el compromiso para construir edificios de la manera en que deben ser construidos.
- La Energy Star indica que se debe seguir un procedimiento llamado Paso a Paso de acuerdo a la Environmental Protection Agency (EPA) y que consta de 7 pasos, en los que se establecen los alcances de ahorro de energía, así como también el proceso completo para el diseño de un nuevo edificio, el cual



involucra al comisionamiento. Por su lado, EPA, publicó en enero del 2009 la EPA Building Commissioning Guidelines, siendo esta la última versión de esta guía y que aún sigue vigente.

- California Commissioning Collaborative (CACx) también publicó dos guías de nombre California Commissioning Guide: New buildings y California Commissioning Guide: Existing buildings, ambas del 2006, la primera describe el proceso de comisionamiento para nuevas edificaciones y la segunda profundiza en el proceso de comisionamiento para las edificaciones existentes. En la página oficial de la CACx se pueden encontrar, además de estos dos documentos, guías complementarias, oficios, reportes, modelos para el desarrollo de planes de comisionamiento y otros formatos a utilizar a lo largo del proceso.
- Por otra parte, la Portland Energy Conservation, Inc (PECI), dependencia sin fines de lucro, realiza diversos estudios sobre los ahorros reales que el comisionamiento puede generar, y que algunas de las otras dependencias han utilizado para sus comparativos. Entre los estudios más sobresalientes se encuentra el análisis del costo promedio en la operación de un edificio comisionado y uno que ha sido construido de manera tradicional, así como el costo del comisionamiento en diferentes tipos de edificación, además de ser precursores del entrenamiento de agentes de comisionamiento y auditores.

Como se puede notar, todas estas organizaciones y dependencias extranjeras han desarrollado diversas guías que sirven como base sólida para un desarrollo y ejecución correcta del comisionamiento. Fue un par de años atrás que salió a la luz el Standard 202-2013 Commissioning Process for Buildings and Systems del ASHRAE, marcando una nueva pauta y parámetros definidos que aprueban un procedimiento que llevará al éxito en el cumplimiento de los requerimientos del dueño en un proyecto constructivo.

En México este proceso es joven, sin embargo, desde hace 10 años los bancos lo vienen aplicando en la construcción de nuevos Centros de Datos, de manera limitada para la puesta en marcha y pruebas, tal como Bancomer, Banamex, Santander, por mencionar algunos, garantizando que el funcionamiento tan delicado de sus operaciones sea seguro y sin fallos. Fue hasta la introducción de la certificación LEED en el país que edificios comerciales y de oficinas empezaron a implementar el Comisionamiento, como parte de los prerrequisitos que la misma certificación exige.



De manera paralela se presenta el caso de ciertas empresas transnacionales, como lo es General Electric (GE), que ya exigía el Comisionamiento en la construcción de sus oficinas en el país.

Ahora bien, con respecto a la certificación LEED, esta exige el Comisionamiento en aire acondicionado, iluminación y calentamiento de agua, es decir sistemas que consumen energía, pero las empresas que solicitan el Comisionamiento no solo lo requieren en el aire acondicionado, iluminación y calentamiento de agua, sino en todo el sistema eléctrico y protección contra incendios al menos.

Por ser un proceso tan joven en el país, fusionado a las prácticas tradicionales de construcción en obra tanto públicas como privada, se han presentado discrepancias de los objetivos del Comisionamiento, ya que se ha llegado a realizar este proceso con baja calidad provocando que los sistemas no funcionen correctamente, traduciéndose en un sobrecosto de consumo de energía, aumento en los tiempos de entrega y disminución de confort. Por lo que se hace hincapié en el cumplimiento de los principios del Comisionamiento y de la contratación de un Agente de Comisionamiento certificado para asegurar que el proyecto cumplirá con las características con las que fue diseñado el proyecto y el desempeño de los sistemas sea el deseado, resultando en el cumplimiento de los tiempos de entrega, reducción de ordenes de cambio y adicionales, y en el ahorro de energía del edificio, por mencionar los esenciales.

Cabe mencionar que, según la experiencia del Ing. Darío Ibarguengoitia que es Agente de Comisionamiento en el país, los proyectos en los que ha sido contratado como Agente de Comisionamiento, la principal razón había sido porque el dueño buscaba una certificación como LEED, sin embargo, debido a tan buenos resultados obtenidos una vez operando el edificio lo han vuelto a contratar, incluso para aquellos edificios que no buscan una certificación.

1.2 ¿Qué es el comisionamiento?

El comisionamiento es definido como el proceso que asegura que los requerimientos del dueño se cumplan desde y a lo largo del pre-diseño, diseño, construcción, ocupación, operación y mantenimiento, a través del acopio intenso de información que documenta y valida los requerimientos del dueño. Garantizando que el desempeño y operación del edificio se cumplan de acuerdo a los requerimientos con que fueron diseñados, además de



preparar al equipo que operará el edificio y la realización de visitas establecidas para garantizar que todos los sistemas del edificio funcionen correctamente.

El proceso de comisionamiento se desarrolla de manera paralela al proceso constructivo convencional. Implicando que, como parte de los objetivos del comisionamiento, se realicen tareas que complementen y enriquezcan las acciones a lo largo de la vida de un edificio, la verificación de los requerimientos del dueño, la producción de mayor información documentada y sobre todo mayor control, conocimiento del funcionamiento de los sistemas tanto del personal de mantenimiento como de los usuarios y cumplimiento del desempeño de los sistemas que forman un edificio.

Sin embargo, la aplicación del comisionamiento es un tanto limitativo para ser aplicado a cualquier obra en nuestro país. Esto es debido al proceso existente que rige la construcción de obra pública, haciendo casi imposible hacer uso del comisionamiento, por lo que en nuestro país solo ha sido aplicado en la construcción de obra privada.

1.3 Norma NMX-C-506-ONNCCE-2015 sobre comisionamiento

Con apoyo de la NFPA (Asociación Nacional de Protección contra el Fuego, NFPA por sus siglas en inglés) capítulo Chile, México y Estados Unidos de América y bajo el liderazgo del Agente de Comisionamiento Darío Ibarquengoitia, vieron nacer la norma mexicana NMX-C-506-ONNCCE-2015, conocida como la norma madre de Comisionamiento en el país, la cual es la protagonista a lo largo de esta sección.

Según la norma NMX-C-506-ONNCCE-2015; el comisionamiento, es un proceso multidisciplinario, en el cual el dueño, dirección del proyecto, diseñadores, contratistas, subcontratistas, operadores y el agente de comisionamiento son entidades responsables por la calidad de su trabajo. El equipo de comisionamiento usa métodos y herramientas para asegurar que el proyecto logre los Requerimientos del Dueño para el proyecto a todo lo largo del desarrollo del mismo.

El contratista es responsable de construir completamente, probar y asegurar que el trabajo de sus empleados haya logrado el nivel de calidad esperado. El Agente de Comisionamiento a cargo del proceso toma muestras aleatorias del trabajo del contratista para asegurar que cumple con los Requerimientos del Dueño. Si se identifican problemas sistemáticos, entonces se solicita que el contratista vuelva a revisar todo su trabajo y corrija cualquier deficiencia.



El proceso de comisionamiento comienza en la fase de pre diseño y continúa durante la vida de la instalación (pasando por la Fase de Ocupación y Operaciones). Puede aplicarse tanto a proyectos nuevos como a renovaciones.

Este proceso multidisciplinario de comisionamiento, inicia con la documentación de los Requerimientos del Dueño del Proyecto. A partir de este documento se debe verificar en las etapas de planeación, pre diseño y diseño, la correcta especificación de los equipos, instalaciones, sistemas y procesos que conforman a la edificación.

Continúa durante la etapa de construcción con la verificación de requerimientos del diseño en los procesos de adquisición, traslado, instalación, puesta en marcha, y trabajos técnicos que requiera el equipo para su funcionamiento y entrega al operador; incluyendo su respectiva capacitación.

Adicionalmente, en las etapas de operación y mantenimiento de la edificación, se deben establecer periodos (semestrales, anuales, etc.) de verificaciones de los requerimientos del dueño para el proyecto con respecto a su correcta operación.

1.3.1 Objetivo

Establecer los requisitos para la prestación de los servicios de comisionamiento los cuales permiten vigilar el cumplimiento de los procesos para los edificios y sus sistemas. La norma NMX-C-506-ONNCCE-2015 sobre comisionamiento no establece los requisitos específicos para cada sistema.

1.3.2 Campo de aplicación

La Norma NMX-C-506-ONNCCE-2015 sobre comisionamiento aplica tanto en el proceso de comisionamiento como a los agentes de comisionamiento que se ubiquen dentro de territorio nacional y que presten sus servicios de comisionamiento a toda clase de edificación y sus obras exteriores nuevas o existentes, parcial o en su totalidad y en cualquier modalidad: en operación, construcción nueva, remodelación, reestructuración y ampliación.

En una edificación, los sistemas y disciplinas susceptibles al proceso de comisionamiento de forma enunciativa más no limitativa según la norma mexicana son:

- Acústico



- Agua (hidráulica, sanitaria y pluvial)
- Arquitectura e ingeniería civil
- Automatización y control
- Climatización
- Desechos (Residuos)
- Energía
- Iluminación
- Manejo de plagas
- Salvaguarda
- Seguridad
- Transporte interno
- Transporte de tecnología de la información

Cabe destacar que esta tesis desarrolla el tercer punto de la lista mostrada arriba, en específico de la aplicación del comisionamiento en ingeniería civil.

1.3.3 Proceso de comisionamiento

El proceso de comisionamiento es largo y cuenta con muchos elementos, considero entonces, que la manera más sencilla de poder observar todo el proceso y comprenderlo en su forma global es a través de los diagramas de flujo que la NMX-C-506-ONNCCE-2015 publicó de manera oficial en la misma norma mexicana.



DIAGRAMA 1.- Diagrama general de flujo del proceso de comisionamiento

Fig. 4 Diagrama general de flujo del proceso de comisionamiento.

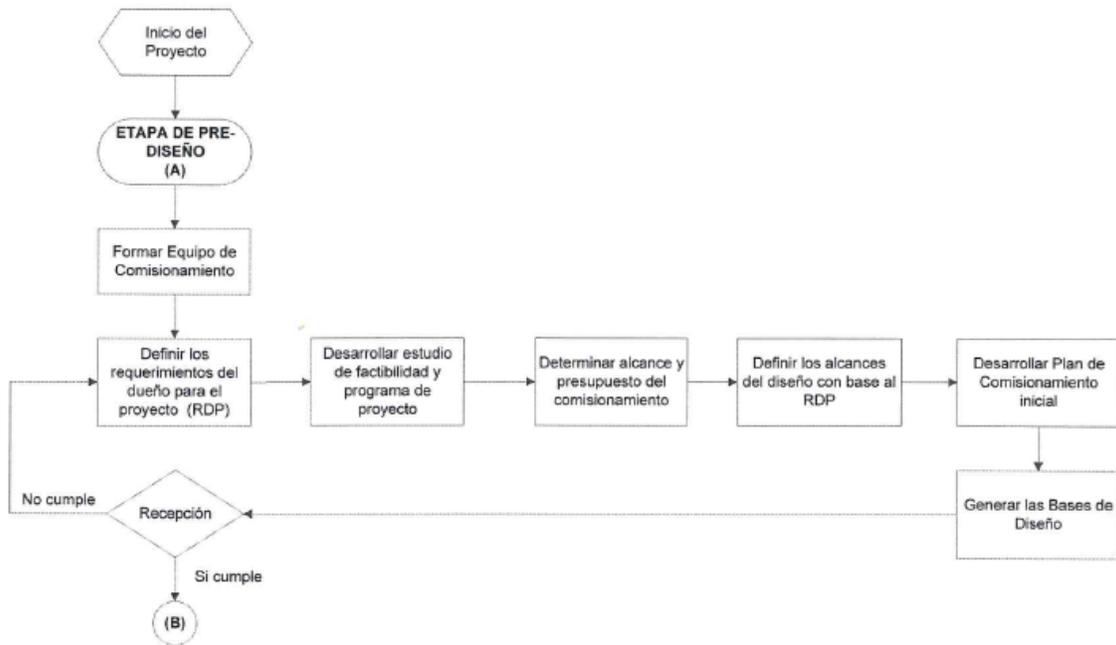


DIAGRAMA 2.- Etapa de pre-diseño

Fig. 5 Etapa de Pre-diseño

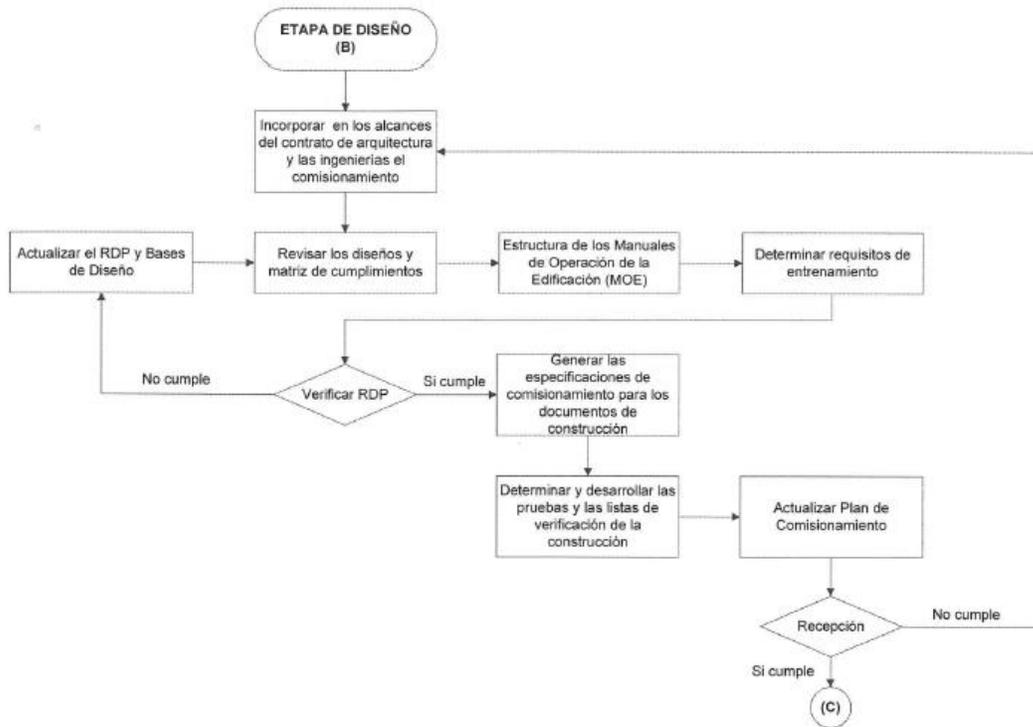


DIAGRAMA 3.- Etapa de diseño

Fig. 6 Etapa de Diseño

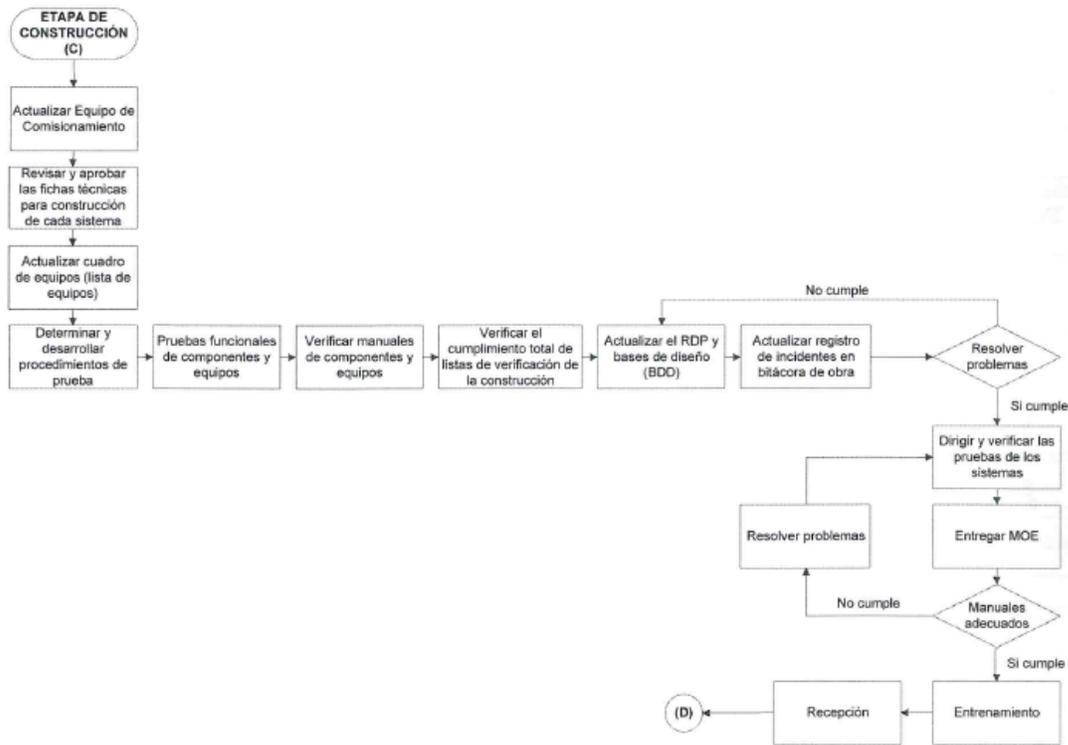


DIAGRAMA 4.- Etapa de construcción

Fig. 7 Etapa de Construcción

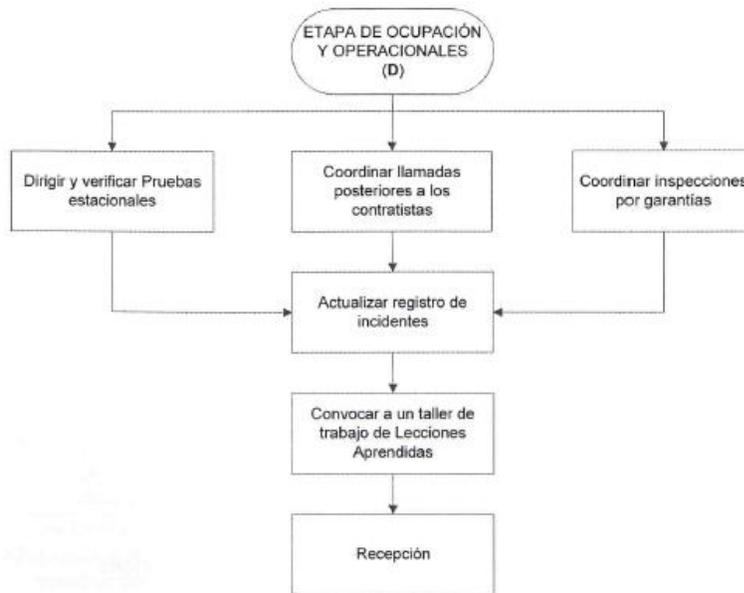


DIAGRAMA 5.- Etapa de ocupación y operación

Fig. 8 Etapa de Ocupación y Operación



1.3.4 Documentación requerida en el proceso de comisionamiento

Para la fácil localización de los documentos a requerir en el proceso de Comisionamiento y posterior al mismo, se muestra en las siguientes tablas obtenidas de la NMX-C-506-ONNCCE-2015, los documentos necesarios, quién tiene la responsabilidad de elaborarlos y quién necesitará de ellos. Tabla 2.- Documentación requerida en el proceso de Comisionamiento:

Tabla 2.- Documentación Requerida en el Proceso de Comisionamiento

| Etapa | Documento | Solicitado por | Elaborado por | Revisado / Aprobado por | Utilizado por |
|-------------|---|-------------------------------|---------------|-------------------------|---------------------------------------|
| Pre- Diseño | Requerimientos del dueño para el proyecto (RDP) | O&M, Dueño, Usuarios y el ACx | Dueño y ACx | Dueño | ACx, Equipo de comisionamiento |
| | Desarrollar estudio de factibilidad del comisionamiento | Dueño y/o ACx | ACx | Dueño | ACx, Equipo de comisionamiento |
| | Plan de Comisionamiento (PCx) | Dueño, equipo de diseño ,ACx | ACx | Dueño, equipo de diseño | ACx, Dueño, Equipo de comisionamiento |
| | Registro de incidentes | ACx | ACx | N/A | ACx, Equipo de comisionamiento |
| | Reporte del Proceso de Comisionamiento en etapa de Pre-Diseño | ACx | ACx | Dueño | Dueño |

Fig. 9 Documentación requerida Pre-Diseño, NMX-C-506-ONNCCE-2015, Tabla 2.- Documentación requerida en el proceso de Comisionamiento.



| | | | | | |
|---------------|---|--|------------------|--|--|
| Diseño | Actualización de los RDP | O&M, Dueño, Usuarios, Equipo de diseño | ACx o Diseñador | Dueño | ACx, Equipo de comisionamiento |
| | Bases de Diseño (BDD) | Equipo de diseño | Equipo de diseño | ACx | ACx, Equipo de comisionamiento |
| | Observaciones a las revisiones de diseño | ACx | ACx | Dueño | Equipo de diseño |
| | Especificaciones de construcción para el Comisionamiento | Dueño, equipo de diseño, ACx | ACx o Diseñador | Dueño y ACx | Contratistas, ACx y equipo de diseño |
| | Índice de las memorias de Operación de la Edificación (MOE) | Equipo de diseño, ACx, O&M y Contratista | ACx y Diseñador | Dueño, ACx | Equipo de diseño y Contratista |
| | Lineamientos de entrenamiento para O&M de acuerdo a especificaciones | O&M, Usuario final, ACx, Equipo de diseño | Dueño o ACx | Dueño | Equipo de diseño |
| | Relación de pruebas y listas de verificación pre funcional de la construcción | Equipo de diseño y ACx | ACx | ACx, Equipo de diseño | Contratista |
| | Registro de incidentes | ACx | ACx | N/A | ACx, Equipo de diseño |
| | Actualización del Plan de Comisionamiento | Dueño, equipo de diseño, ACx y Contratista | ACx | Dueño, equipo de diseño, ACx y Contratista | Dueño, equipo de diseño, ACx y Contratista |
| | Reporte del Proceso de Comisionamiento en etapa de Diseño | ACx | ACx | Dueño | Dueño, Equipo de diseño |

Fig. 10 Documentación requerida Diseño, NMX-C-506-ONNCE-2015, Tabla 2.- Documentación requerida en el proceso de Comisionamiento.

| | | | | | |
|---------------------|--|---|------------------|--|--|
| Construcción | Actualización de los RDP | O&M, Dueño, Usuarios, Equipo de diseño, Contratista y ACx | ACx y Dueño | Dueño | ACx, Equipo de diseño y Contratistas |
| | Actualización de las BDD | Equipo de diseño | Equipo de diseño | ACx | ACx, Contratista |
| | Actualización del Plan de Comisionamiento | Dueño, equipo de diseño, ACx y Contratista | ACx | Dueño, equipo de diseño, ACx y Contratista | Dueño, equipo de diseño, ACx y Contratista |
| | Revisar y aprobar las fichas técnicas (FT) para construcción de cada sistema | Contratista | Contratista | Equipo de diseño y ACx | Contratistas |
| | Actualizar cuadro de equipos (lista de equipos) | Contratista | Contratista | Equipo de diseño y ACx | Contratista |
| | Planos de coordinación de instalaciones | Equipo de diseño y Contratistas | Contratistas | Equipo de diseño y ACx | ACx y Contratistas |
| | Listado de verificación en la inspección | Equipo de diseño, ACx y Contratistas | ACx | Equipo de diseño y ACx | Contratistas |
| | Reportes de la inspección | Contratistas | ACx | Dueño, ACx | ACx, Contratistas |
| | Procedimientos de pruebas | Equipo de diseño, ACx y Contratistas | ACx | Equipo de diseño y ACx | Contratistas |



| | | | | |
|---|-------------------------------------|----------------------------|------------|--------------------------------------|
| Reportes de datos de las pruebas | Contratistas | ACx | Dueño, ACx | Contratistas |
| Agendas y minutas en las juntas de Comisionamiento | ACx | ACx | Todos | Todos |
| Plan de Entrenamiento | ACx, O&M y Contratista | Contratistas y fabricantes | Dueño, ACx | O&M, Usuarios y Contratistas |
| MOE como se construyó | ACx, O&M, Contratista y fabricantes | Contratistas | Dueño, ACx | O&M y Usuarios |
| Plan de Mantenimiento | O&M, Contratistas y ACx | Contratistas y fabricantes | Dueño, ACx | O&M y Usuarios |
| Registro de incidentes | ACx | ACx | N/A | ACx, Equipo de diseño y Contratistas |
| Reporte Preliminar del Comisionamiento en la construcción | ACx | ACx | Dueño | Dueño |

Fig. 11 Documentación requerida Construcción, NMX-C-506-ONNCCE-2015, Tabla 2.- Documentación requerida en el proceso de Comisionamiento.

| | | | | | |
|-------------------------|---|---------------------------|-------------------------|-----------------|---|
| Ocupación y Operaciones | Actualización de los RDP | Dueño, O&M, Usuarios, ACx | Dueño, Equipo de diseño | ACx y Dueño | ACx, Equipo de diseño y Contratistas |
| | Actualizar el (MOE) | ACx, O&M y Contratista | Contratistas | Dueño, ACx, O&M | O&M |
| | Actualización del Programa de Mantenimiento | O&M, Contratistas y ACx | O&M | Dueño, ACx | O&M y Usuarios |
| | Procedimientos de pruebas estacionales | Contratistas, ACx y O&M | Contratistas | ACx, O&M | Contratistas |
| | Reportes de datos de las pruebas | ACx, O&M | Contratistas | ACx, O&M | Contratistas y O&M |
| | Registro de incidentes | ACx | ACx | N/A | ACx, Equipo de diseño, Dueño y Contratistas |
| | Reporte del Proceso de Comisionamiento | Dueño | ACx | Dueño | Dueño |
| | Plan de comisionamiento continuo | O&M, Usuarios y ACx | ACx | Dueño | Dueño, O&M |

Fig. 12 Documentación requerida Ocupación y Operaciones, NMX-C-506-ONNCCE-2015, Tabla 2.- Documentación requerida en el proceso de Comisionamiento.

1.3.5 Miembros del equipo de comisionamiento (ECx)

El equipo de comisionamiento (ECx) está integrado por el Agente de Comisionamiento (ACx), el Dueño, Equipo de Diseño, los Contratistas y Subcontratistas y



personal de Operación y Mantenimiento, a través de esta alianza se busca que todos los integrantes participen de manera activa en la implementación del comisionamiento, que se apoyen mutuamente y busquen soluciones y alternativas que favorezcan el positivo desarrollo de todo el proyecto.

1.3.5.1 Agente de comisionamiento ACx

El ACx puede estar formado por uno o varios individuos de tal manera que su experiencia sea comprobable, de acuerdo a lo establecido a la norma NMX-C-506-ONNCCE-2015 mencionado en el punto 1.3.6 de este documento. Cuyas responsabilidades, en conjunto con el dueño, son de vigilar que los procesos técnicos en todas las áreas se realicen y cumplan con los requerimientos del dueño para el proyecto, además de ser responsable de la planeación y programación de las actividades y coordinar las actividades del mismo comisionamiento.

En la Fase de Pre-diseño el agente de comisionamiento emite los requerimientos del dueño para el proyecto (RDP) y los movimientos, adiciones y cambios (MAC); junto con el dueño y el equipo de diseño, desarrolla el plan de comisionamiento (PCx), la factibilidad del proyecto, así como el presupuesto del comisionamiento y se generan las bases de diseño (BDD).

En la Fase de diseño se trabaja de formas conjuntas con el equipo de diseño para la elaboración tanto de los planos arquitectónicos y estructurales como de instalaciones normales y especiales de acuerdo a los RDP y las BDD, y de ser necesario actualizar el PCx de acuerdo a los nuevos requerimientos o modificaciones de los anteriores.

Durante la construcción el ACx visita de manera frecuente el lugar de los trabajos para verificar que los RDP y BDD se están cumpliendo, documentando los incidentes en el Registro de Incidentes, asiste a las reuniones con el resto del equipo, organiza, coordina y atestigua todas las pruebas funcionales y de desempeño de los sistemas instalados, entrega el manual de operación del edificio (MOE) y verifica que el entrenamiento al personal que operará el edificio esté completo.

En la última fase de comisionamiento, ocupación y operación, el ACx realiza visitas periódicas con dos objetivos, primero para la dirección y verificación de pruebas estacionales o que faltaban por concluir y segundo, si es parte de los objetivos plasmados en el Cx, continuar apoyando al dueño y al equipo de mantenimiento a resolver o mantener el desempeño de los sistemas instalados.



Cabe mencionar que previo a la recepción del edificio, se convoca a un taller de trabajo de Lecciones Aprendidas con objeto de retroalimentar todo el proceso, señalar las fortalezas y debilidades para trabajar en la mejora continua del mismo.

1.3.5.2 Dueño

El dueño es de vital importancia en todo el proceso (está de sobra mencionar que sin su participación no sería posible ningún proyecto de edificación), tiene la gran responsabilidad de comunicar de forma clara los requerimientos que desea o necesite para su inmueble. Los cuales se desarrollarán de forma conjunta con el ACx y el equipo de diseño.

El dueño puede asignar a un representante con la autoridad de tomar decisiones en su lugar, debe asignar también un representante que participe activamente en el ECx, así como asignar del personal del equipo de operación y mantenimiento que participaran en el mismo.

A lo largo del proceso de comisionamiento el dueño, o su representante, facilitan la identificación de incongruencias y problemáticas que el resto del ECx deberán resolver, así como de autorizar los MACs en los RDP.

El dueño recibe y acepta los reportes de visitas y el registro de incidentes durante la obra, participa en el proceso de entrenamiento y tiene la responsabilidad de recibir y autorizar el inmueble una vez terminado el reporte final del proceso de comisionamiento.

1.3.5.3 Equipo de diseño

Todos los profesionales que participan en el diseño del proyecto forman el equipo de diseño, este puede incluir arquitectos, ingenieros civiles, eléctricos, hidráulicos, de sistemas, por mencionar solo algunos.

El equipo puede estar formado por tantos especialistas como el proyecto lo requiera.

Este equipo es el encargado de elaborar y entregar las BDD de acuerdo a lo estipulado en los RDP. Con base en estos deberán elaborar y entregar el proyecto ejecutivo correspondiente, donde se incluirán los diseños y especificaciones de cada sistema para su posterior revisión y ejecución.



El equipo de diseño tiene la responsabilidad de nombrar a un representante en el ECx y trabajar de manera conjunta con el ACx y el dueño para emitir los RDP.

Durante el periodo de construcción deben participar activamente en las juntas de comisionamiento, incluso durante las pruebas funcionales, de esta manera se podrán realizar los MACs de acuerdo a las necesidades que se puedan presentar en cualquier momento del proceso de comisionamiento, además de esta forma el equipo de diseño será capaz de brindar soluciones de manera inmediata disminuyendo posibles retrasos y/o retrabajos respetando el PCx y el presupuesto del proyecto.

1.3.5.4 Contratista y subcontratista

Ellos serán los responsables de ejecutar los sistemas con que el proyecto ejecutivo cuenta y de acuerdo a los alcances de su contrato.

Tienen su participación en toda la Fase de Construcción y parte en la Fase de Ocupación y Operación.

Es responsable de ejecutar el proyecto ejecutivo de su sistema de acuerdo al PCx.

Proporcionar fichas técnicas, diagramas de detalle y planos taller al equipo de diseño para su aprobación.

Por ser los primeros en ser testigos de los acontecimientos en la ejecución de las actividades, deben proponer, realizar y registrar todas las MACs de los sistemas que estén bajo su responsabilidad en conjunto con el equipo de diseño y los alcances de su contrato, así como atender los hallazgos del reporte de incidencias y visitas periódicas a obra establecidos en el PCx.

Al ser los especialistas de la instalación de cada sistema, tienen la gran responsabilidad de llevar a cabo todas las pruebas con personal calificado de acuerdo a los formatos establecidos en el PCx y con los equipos o instrumentos adecuados para tal propósito conforme a las especificaciones del Cx. Demostrando así, que el sistema funciona de acuerdo a los RDP. Por consiguiente, cada contratista debe llevar a cabo el entrenamiento al personal de operación y mantenimiento que operará dicho sistema y a los usuarios que harán uso del mismo, garantizando que los RDP se cumplan en todo momento y, sobre todo, para disminuir problemas debido al mal uso de los mismos, o incluso, en caso de surgir algún problema una vez en funcionamiento el inmueble, que el



personal de O&M sea capaz de solucionar los problemas reduciendo las llamadas posteriores al contratista en un futuro.

También son los responsables de elaborar el plan de operación y mantenimiento de los sistemas instalados en coordinación con el ECx y el personal de O&M.

1.3.5.5 Equipo de operación y mantenimiento

Primeramente, tienen la responsabilidad de determinar las necesidades de operación y mantenimiento de los sistemas que operarán para que sean incluidas en los RDP, de esta forma se podrán tener las consideraciones básicas para que puedan operar y mantener los sistemas de manera rápida y sencilla.

De acuerdo con el PCx, serán testigos de las pruebas de los sistemas que el contratista debe realizar, así como asistir al entrenamiento que el mismo les va a proporcionar para que entiendan y aprendan cómo funcionan los sistemas de forma independiente o en conjunto. Este equipo será el responsable de supervisar, vigilar y ejecutar la operación y mantenimiento de acuerdo a los planes recibidos, así como de monitorear y evaluar el rendimiento de los sistemas del inmueble.

Dentro de la documentación que se les dará se encuentran las MOE, con toda la documentación de los elementos que integran cada sistema y cómo funcionan de forma conjunta. Es de vital importancia que este equipo tenga claro todas las actividades a realizar y aclarar todas las dudas posibles con el contratista antes de recibir en sus manos el inmueble operando.

Como el PCx lo indica, se deben realizar pruebas estacionales a los sistemas de manera periódica, junto con el ACx, para verificar que los sistemas se encuentran funcionando con la eficiencia con que fueron diseñados. Adicionado con las pruebas y supervisión de los sistemas, se espera prevenir posibles problemas y dar solución en medida de lo posible y antes que se complique la operación o existan molestias en los usuarios.

1.3.6 Métodos de comprobación

Tal como se marca en el documento de la norma mexicana, el agente de comisionamiento debe cumplir con todos los estatutos plasmados en la misma respecto al servicio, tipo y cobertura que ofrece.



1.3.6.1 Certificación del Agente de Comisionamiento

El Agente de Comisionamiento tiene la opción de solicitar la certificación de sus servicios a un Organismo de Certificación de conformidad a lo establecido en las leyes mexicanas, de cumplimiento con la norma NMX-C-506-ONNCCE-2015.

La vigencia de la certificación es de tres años y se requiere presentar la documentación que avale los trabajos realizados en este lapso de tiempo al organismo que lo certificó. En caso de no contar con los servicios se realizará la evaluación de los registros procedentes.

Sin embargo, los Agentes de Comisionamiento que existen en el país han sido certificados a través de unidades certificadoras de Estados Unidos de América, como lo es la ASHRAE, la universidad de Wisconsin y otras organizaciones gubernamentales y sin fines de lucro. Parte de los requisitos básicos para ser prospecto a la realización de un examen se requiere demostrar al menos tres años de experiencia, tanto en diseño y construcción. Esto se solicita de esta forma ya que en aquel país el Agente de Comisionamiento tiene responsabilidades legales, por lo que se exige además experiencia y conocimiento demostrable en diferentes áreas de ingeniería.

En nuestro país se pretende que la certificación se realice a través del estándar de competencia CONOCER (Consejo Nacional de Normalización y Certificación de Competencias Laborales) de la SEP (Secretaria de Educación Pública), en el que ya se encuentran trabajando diferentes grupos de trabajo y expertos.

1.3.6.2 Verificación del proceso de comisionamiento

El dueño tiene la opción de solicitar la vigilancia del cumplimiento de la norma NMX-C-506-ONNCCE-2015 a una Unidad de Verificación acreditada de conformidad con lo establecido en la Ley Federal sobre Metrología y Normalización.

El trámite de Verificación debe cumplir con al menos dos visitas durante el Plan de Comisionamiento.



CAPÍTULO 2. COMISIONAMIENTO EN INGENIERÍA CIVIL

2.1 Antecedentes

Nuestro país cuenta con muchas historias de éxito en la edificación, infraestructura o vivienda, grandes edificios que tienen décadas y que forman parte de nuestra historia inherente, sin embargo, existen otros tantos casos en los que somos y hemos sido testigos de toma de decisiones sin suficientes datos técnicos y planeación, modificaciones de proyecto durante la construcción y peor aún, sobre elementos ya construidos y que es necesario modificar o incluso demoler, a veces no sólo una, sino dos o hasta tres veces, construcciones donde los presupuestos se elevan de manera vertiginosa y al final, al momento de la entrega del edificio, el personal que queda a cargo de la operación y mantenimiento no cuenta con el conocimiento suficiente de cómo funcionan todos los sistemas que integran dicha edificación, ocasionando que el inmueble se deteriore a un paso acelerado, se dañen equipos aumentando los costos de operación y se genere inconformidad en sus habitantes.

2.2 Objetivo

Los objetivos principales que el comisionamiento en ingeniería civil busca se enuncian a continuación:

- Lograr la unión de los diferentes equipos del proyecto, trabajando coordinadamente para alcanzar las metas marcadas de manera exitosa.
- Reducir a su mínima expresión retrabajos durante la construcción de una edificación.
- Cumplir con el programa de obra, reduciendo costos directos e indirectos.
- Garantizar que los requisitos del dueño se cumplan de manera eficiente.
- Mantener y mejorar los desempeños de todos los sistemas a lo largo de la vida del edificio.
- Brindar entrenamiento completo al personal de mantenimiento del edificio para que su funcionamiento sea el óptimo, además de que se pueda dar solución a problemas que puedan surgir sin necesidad de contratar externos.

- Dar información completa del edificio al dueño y personal de mantenimiento; desde las características principales y desempeños hasta procedimientos para solucionar problemas.

2.3 Campo de aplicación

El comisionamiento en ingeniería civil lo pueden aplicar al proceso de comisionamiento y agentes de comisionamiento dentro del territorio nacional, en áreas públicas o privadas; y que presten sus servicios de comisionamiento en edificaciones y áreas exteriores, nuevos o existentes, de forma parcial o en su totalidad, ya sea operación, construcción nueva, remodelación, reestructuración y ampliación; exclusivamente en la especialidad de ingeniería civil: pre-diseño, diseño; selección de materiales, diseño de elementos estructurales, construcción, uso de tecnologías de la información, mantenimiento y operación.

2.4 Proceso de Comisionamiento

El proceso se apega a la norma mexicana NMX-C-506-ONNCCE-2015 como sigue:

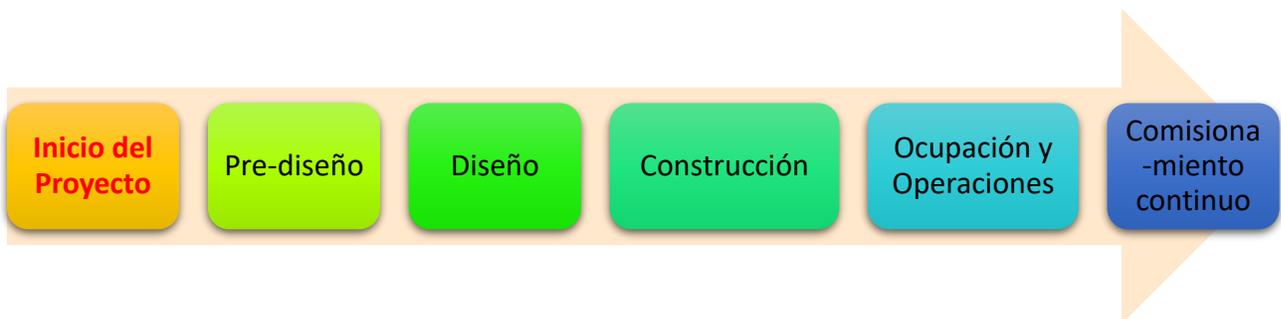
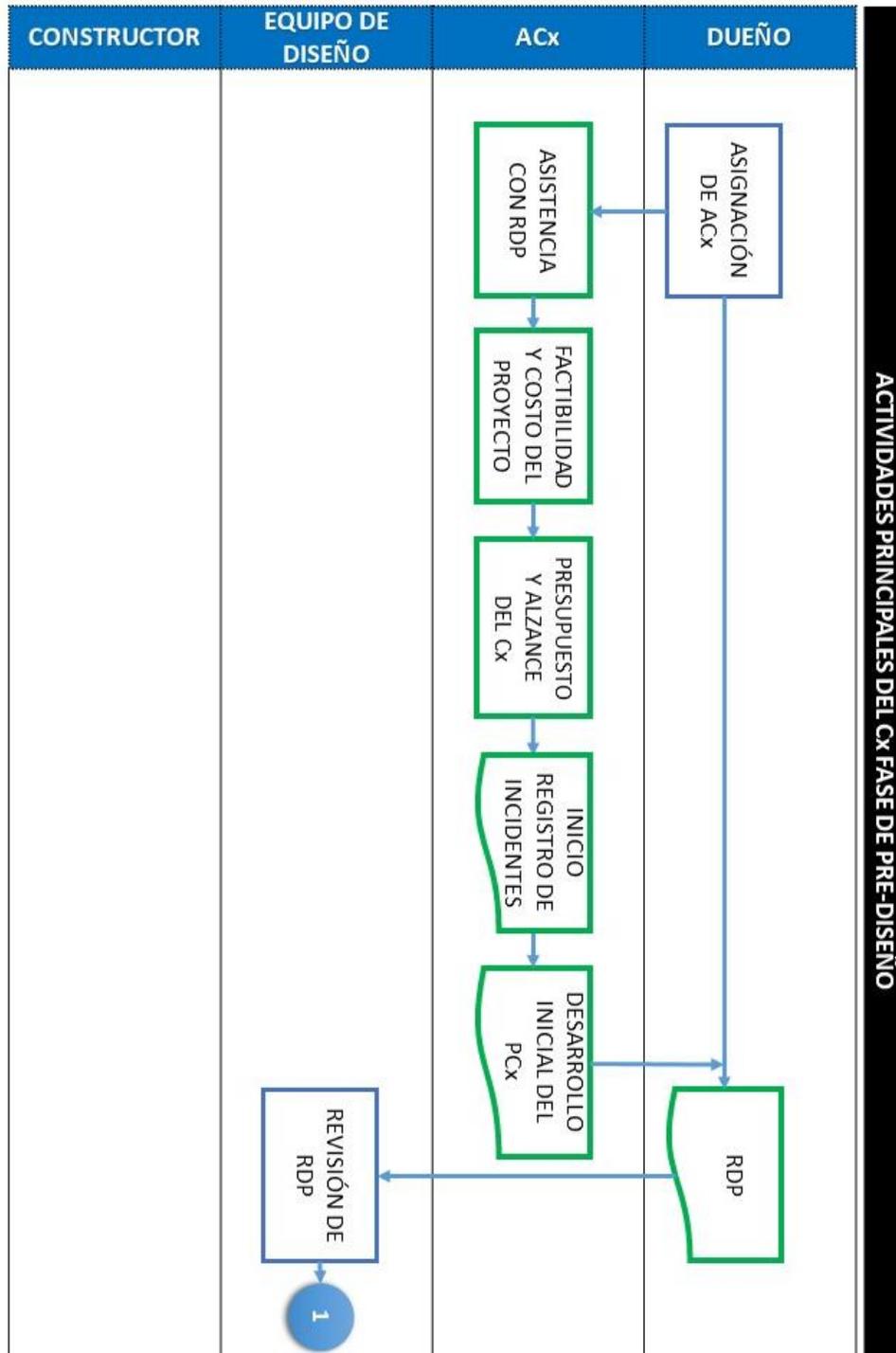


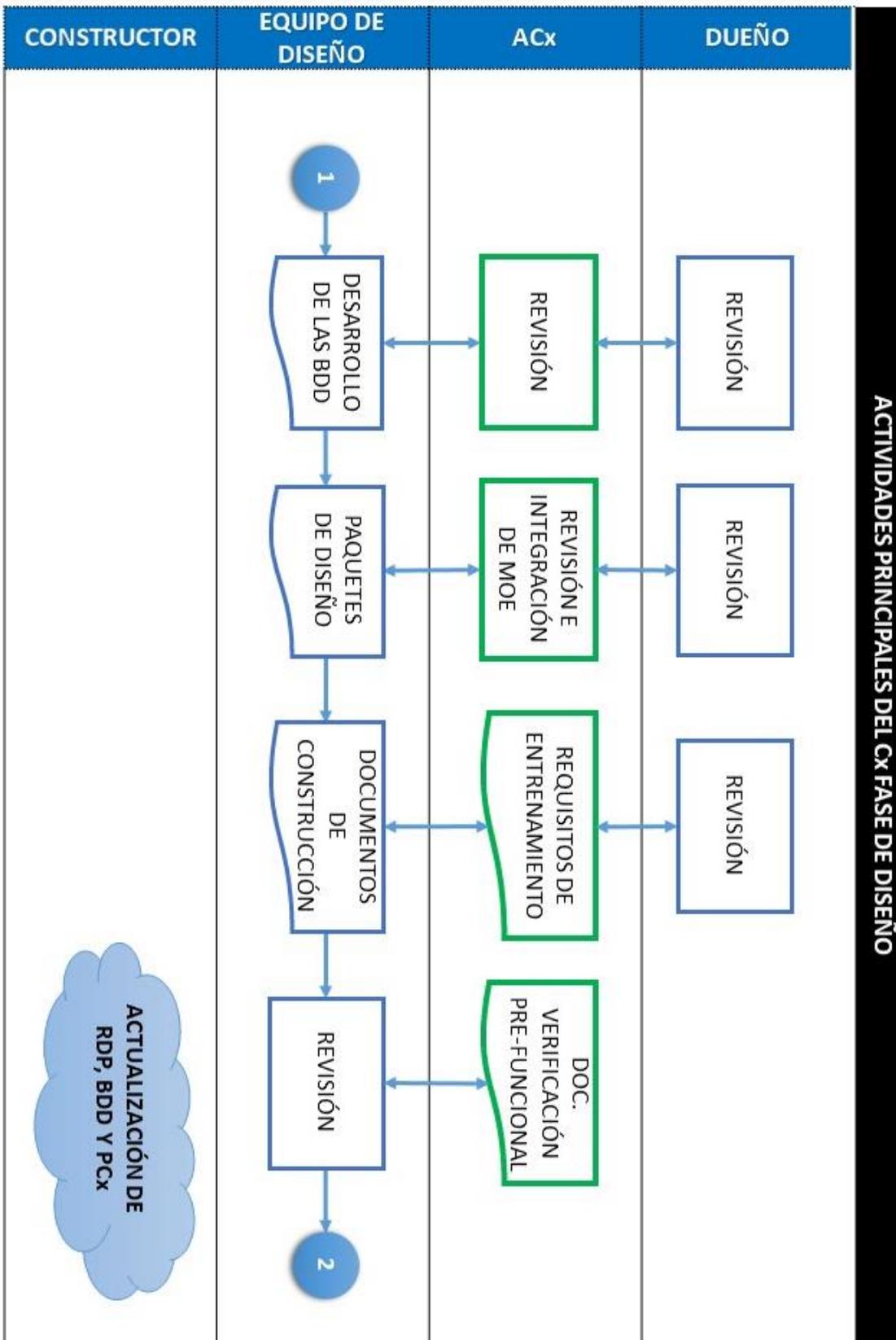
Fig. 13 Proceso de comisionamiento en Ingeniería Civil, apegado a la NMX-C-506-ONNCCE-2015.

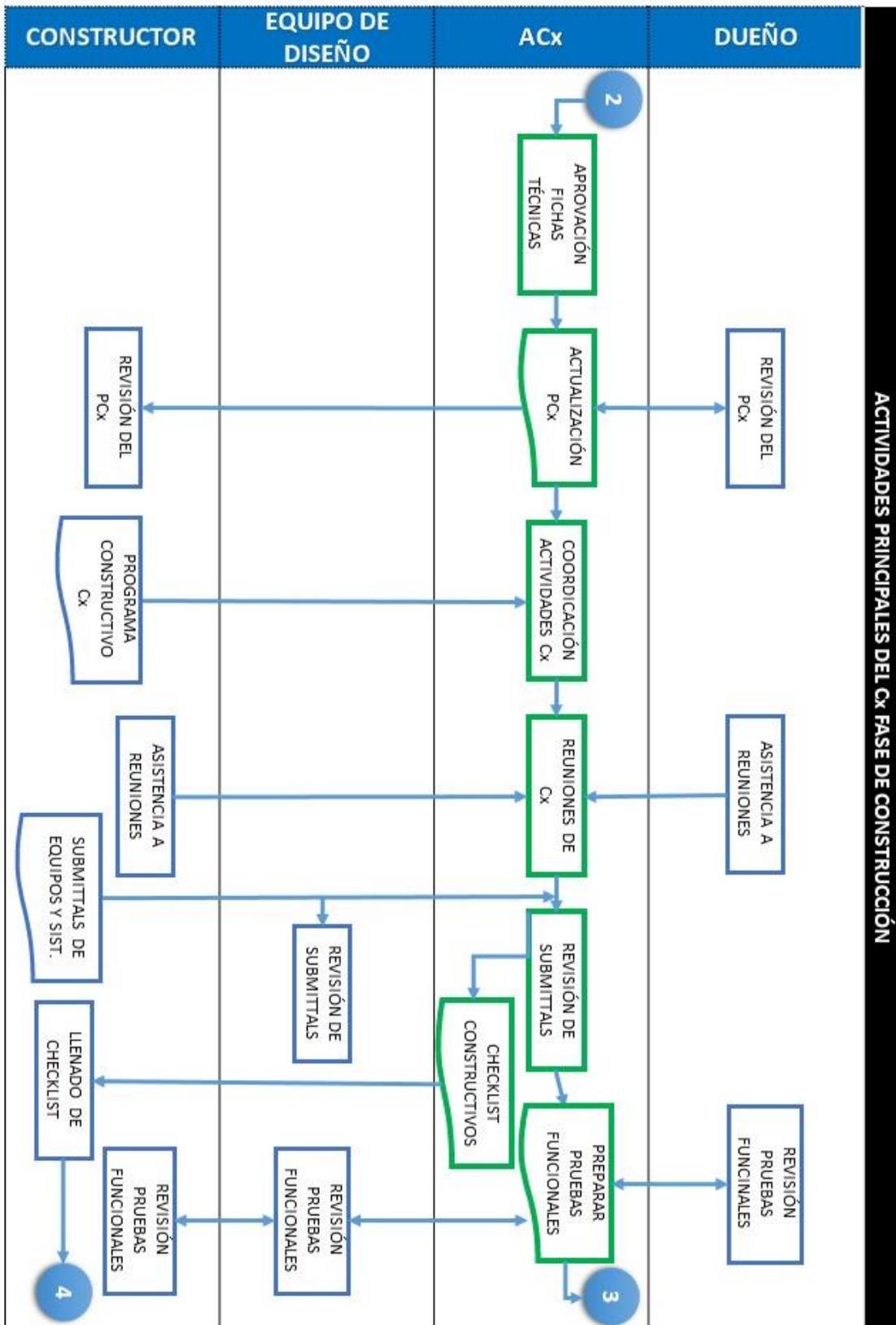
Los siguientes diagramas ilustran las actividades de las cuales son responsables los diferentes participantes (Dueño, ACx, equipo de diseño y el constructor), que intervienen en el proceso de Cx (Pre-Diseño, Diseño, Construcción y Ocupación y Operación). Tales datos son una adaptación realizada por el Autor con información obtenida de la norma NMX-C-506-ONNCCE-2015 y de la última versión de las Buenas Prácticas emitidas por Building Commissioning Association de Estados Unidos de América.

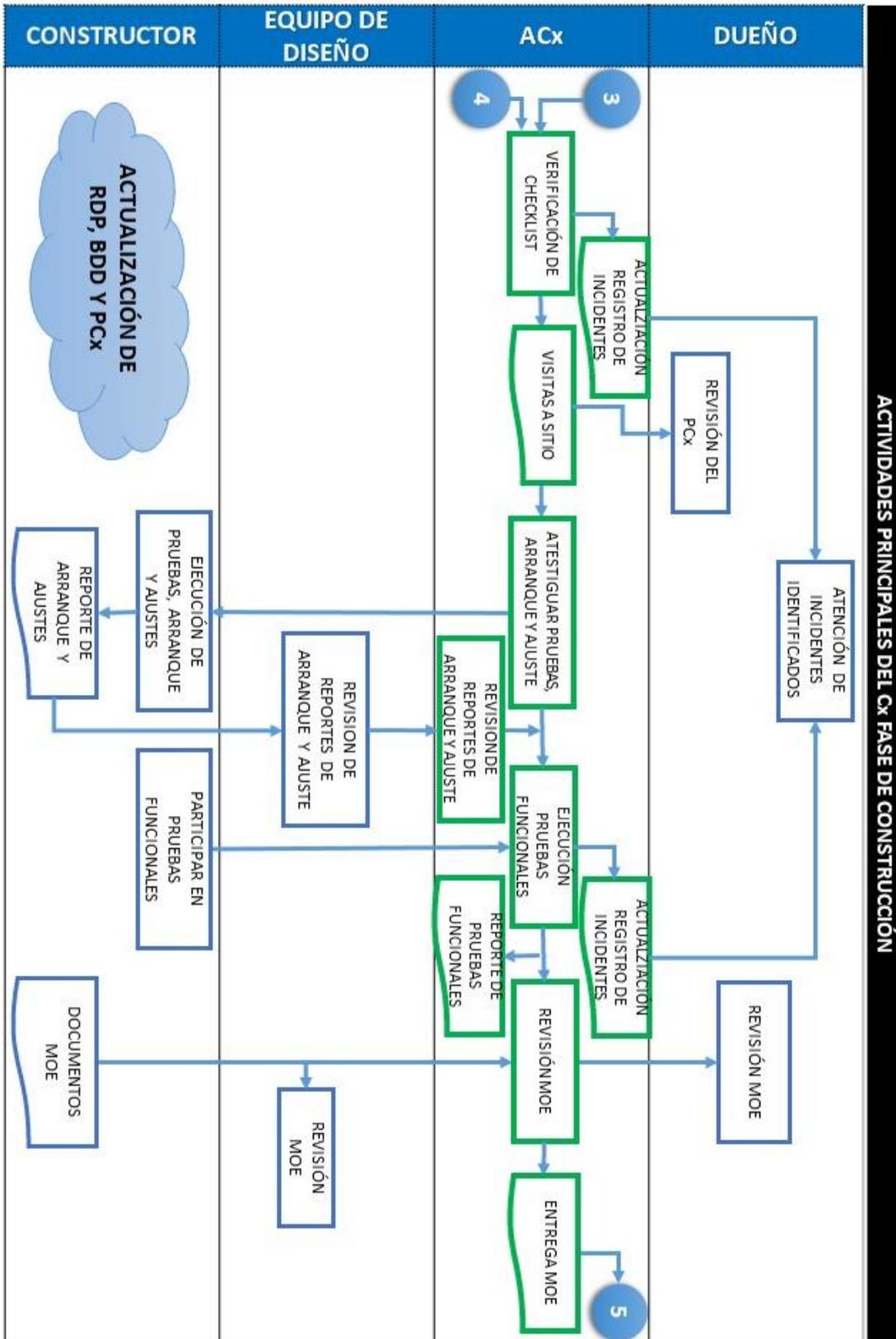


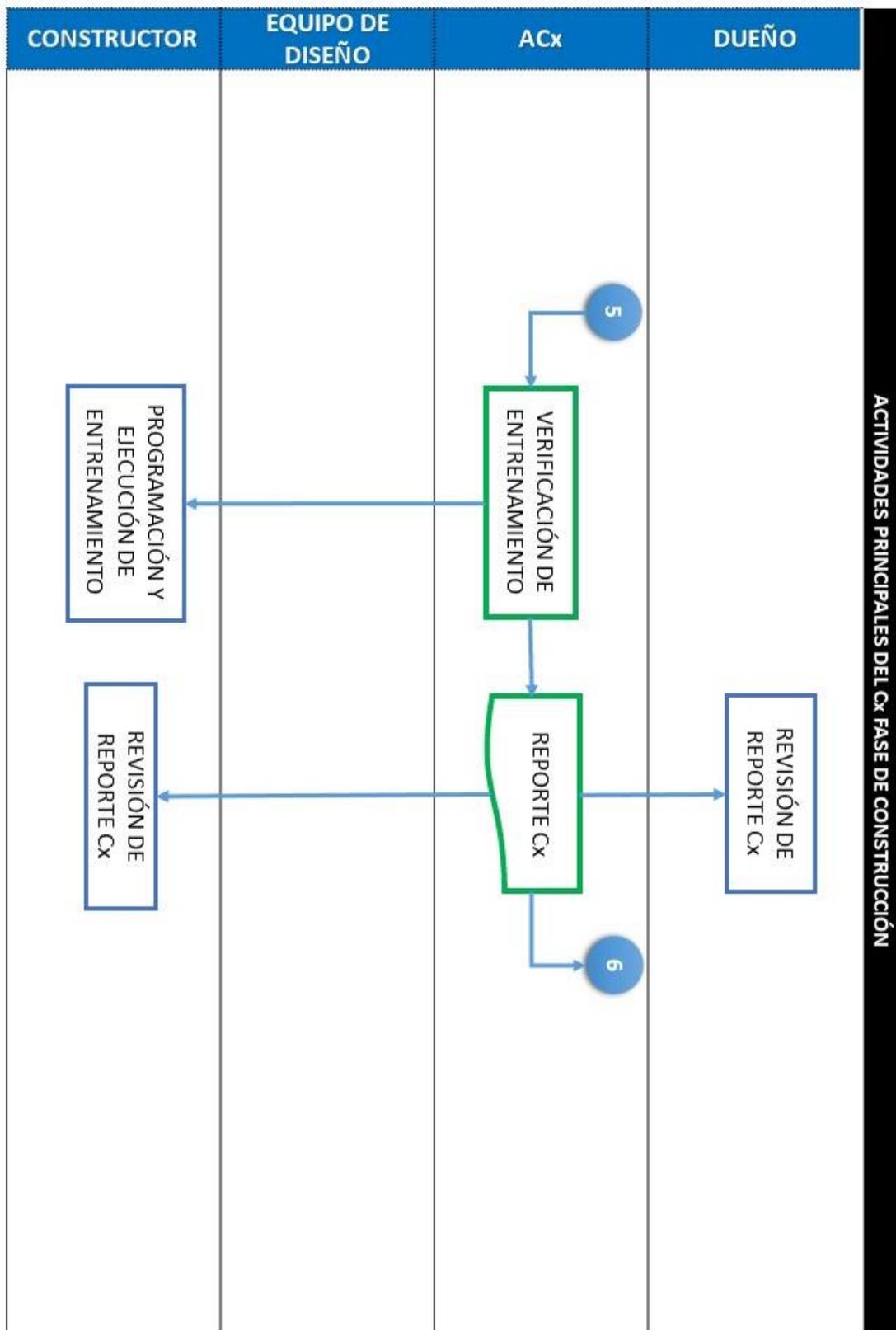
La intención de estos diagramas es de mostrar de manera gráfica las actividades que son requeridas a realizarse a lo largo del proceso de Cx, de forma ordenada y de acuerdo al programa de actividades que el mismo proceso requiere para alcanzar de manera óptima los objetivos con que fue contratado.

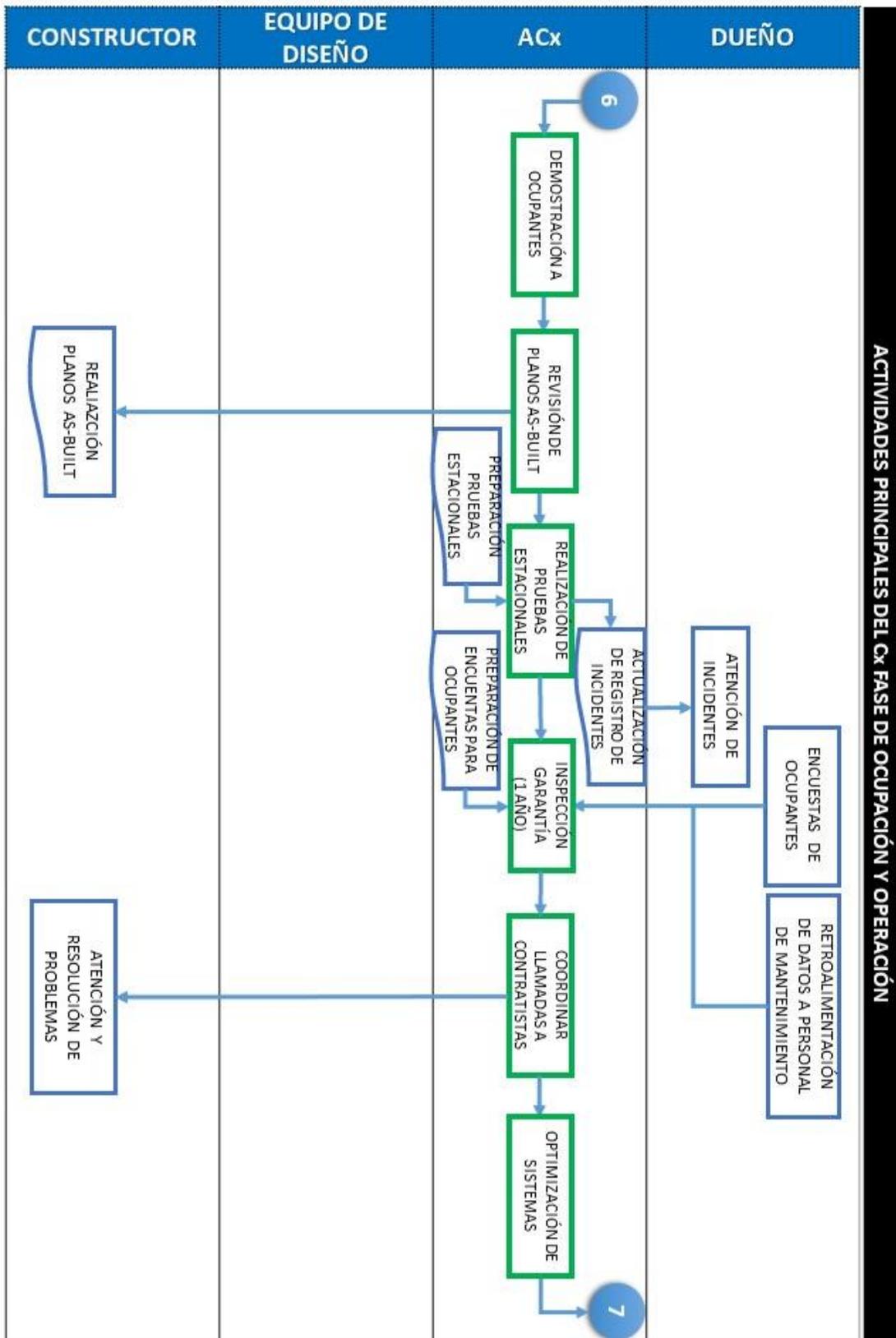












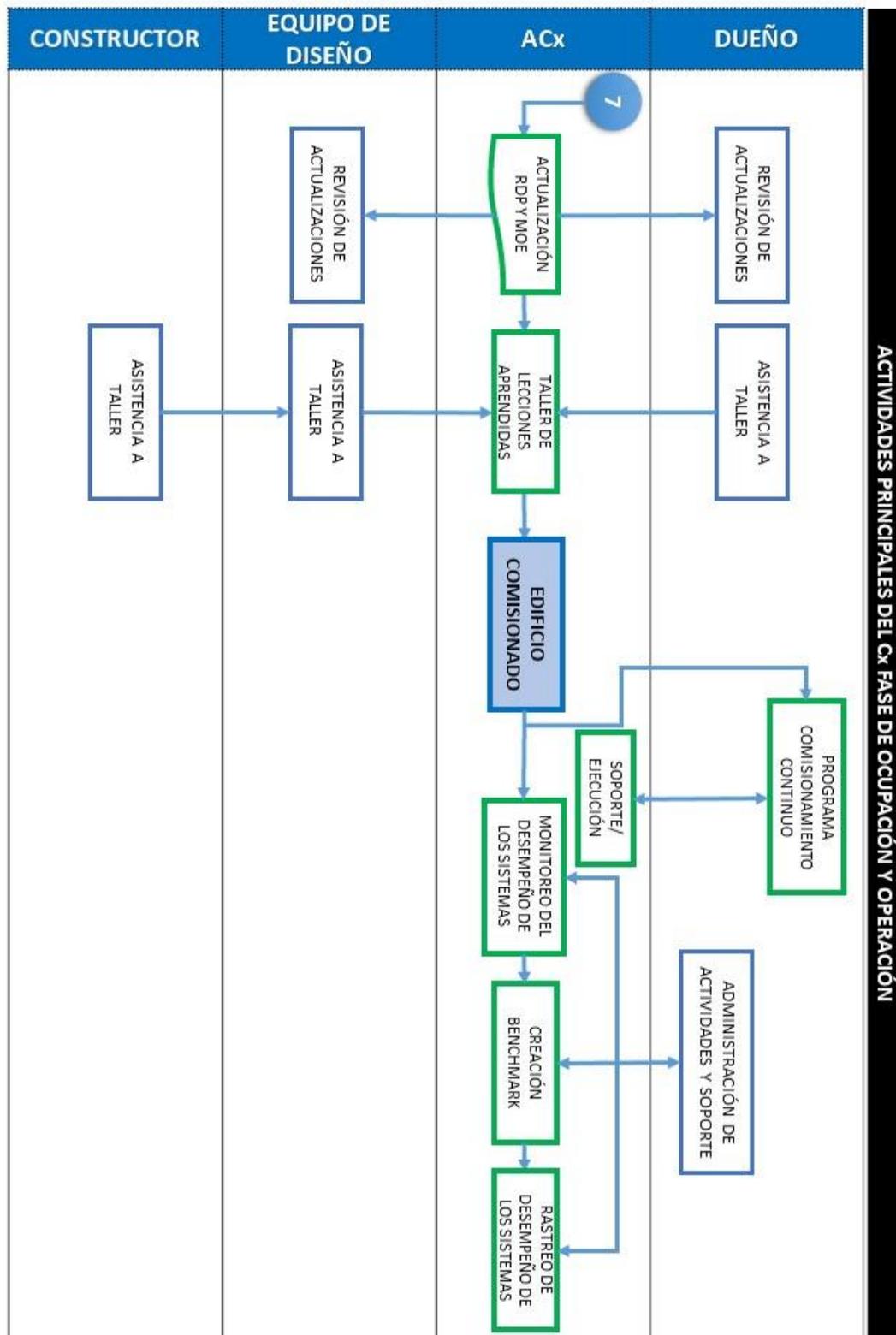


Fig. 14 Actividades a desarrollarse por los diferentes participantes del proceso de Cx, según la norma NMX-C-506-ONNCE-2015 y la Building Commissioning Association, adaptaciones realizadas por el Autor.

CAPÍTULO 3. PRE-DISEÑO

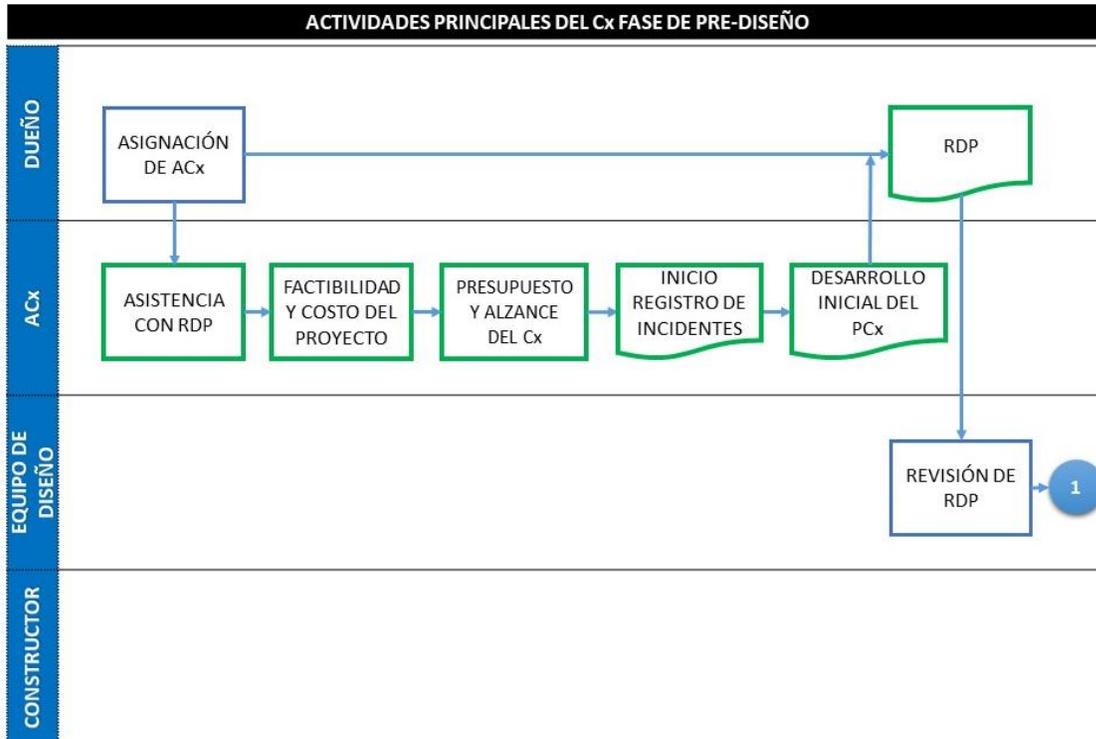


Fig. 15 Actividades a desarrollarse por los diferentes participantes del proceso de Cx en la Fase de Pre-diseño, según la norma NMX-C-506-ONNCE-2015 y la Building Commissioning Association, adaptaciones realizadas por el Autor.

En esta primera fase del comisionamiento se encuentra la clave para que todo el proceso de resultados esperados. Las características del Pre-Diseño pueden variar de un edificio a otro dependiendo de la complejidad del mismo, lo que es invariable es que se debe de invertir tiempo y esfuerzo en el desarrollo de los RDP, ya que este documento es la base de todas las decisiones por tomar en las fases Diseño y Construcción.

Además, es en esta primera fase del proceso de Cx donde se selecciona al ECx, descrito anteriormente en el punto 1.3.5 Miembros del equipo de comisionamiento (ECx). La cantidad de miembros que integren al ECx puede variar dependiendo del tamaño y complejidad del inmueble. Este equipo tiene la gran responsabilidad de trabajar como unidad y asegurar que cada paso del proceso de Cx se esté cumpliendo, así como facilitar la toma de decisiones para alcanzar los objetivos establecidos.

NOTA DEL AUTOR: En esta fase se tienen que desarrollar una serie de documentos, primeramente, los RDP, seguido por el estudio de factibilidad del comisionamiento, el PCx,



la creación del Registro de Incidentes y se concluye con un Reporte del Proceso de Comisionamiento de la etapa de Pre-Diseño. Además, quiero agregar que la organización de los capítulos y subcapítulos los realice de forma en la que se represente de mejor manera el orden con que se realizan las actividades a lo largo del proceso de Cx.

3.1 Requerimientos del Dueño para el Proyecto (RDP)

Es un documento elaborado en conjunto con el Dueño, usuarios, personal de O&M y el ACx. Los RDP deben incluir todos los requerimientos que satisfagan las necesidades que el Dueño espera del inmueble física y funcionalmente, para alcanzar las metas en el desempeño de cada sistema que integrarán al mismo. Dada la complejidad de requerimientos específicos, el dueño puede estar apoyado por un grupo de especialistas que ayuden, junto con el ACx, a plasmar de manera clara cada requerimiento.

Los RDP es un documento vivo que puede ir evolucionando a lo largo del proceso de Cx. Los menciono como pieza clave de todo el proceso ya que son la base de toda decisión futura, en ellos se encuentra información detallada, criterios de aceptación o incluso sugerencias de qué métodos y soluciones utilizar; son la referencia para todo el proceso de Cx.

Cada RDP debe incluir como mínimo las expectativas y requerimientos que el Dueño tiene para el inmueble, así como definir las formas de medición del desempeño y los criterios de aceptación de cada uno de ellos, para aquellos RDP que puedan analizarse a través de un benchmarking, se deben dejar bien definidas las especificaciones del mismo, así como los criterios con los que serán medidos.

De acuerdo a la ASHRAE Guideline 0-2013 The Commissioning Process, los RDP deben incluir la programación y costos del proyecto, el alcance del proceso del Cx y costos del mismo, la documentación requerida del proyecto, incluyendo formatos de presentación, material de entrenamiento, reportes y los manuales del sistema. Se debe considerar usar los formatos electrónicos de la documentación necesitada. Además, se deben incluir las directrices del Dueño, las restricciones y limitaciones de cada RDP, los requerimientos de los usuarios, los requerimientos del entrenamiento al personal del Dueño, la calidad de los materiales para la construcción, las metas en sustentabilidad y medio ambiente, la adaptabilidad para futuros cambios y ampliaciones, requerimientos acústicos, de vibración, sísmicos y constructivos, las normas y códigos aplicables, por mencionar los que tienen mayor injerencia en la ingeniería civil y arquitectura.



En el *Anexo B: Requerimientos Del Dueño Para El Proyecto (RDP)*, se encuentra la *Tabla J-1 Example Matrix for Developing OPR Guideline 0-2013 Subclause 5.2.2.4 Criteria*, tomada de ejemplo de ASHRAE Guideline 0-2013 The Commissioning Process, en ella se pueden apreciar claramente todos los elementos que se deben considerar para la obtención clara y precisa de los RDP, sin embargo, de cada elemento se obtienen características más específicas que definen a cada uno.

Para una obtención clara y objetiva de las necesidades y requerimientos esenciales que darán forma a los RDP de un edificio, se recomienda en ASHRAE Guideline 0-2013 The Commissioning Process formar una mesa de trabajo con el dueño, expertos y el ACx. En el *Anexo A: Guía De Trabajo Para Los Requerimientos Del Dueño Para El Proyecto* se muestra el procedimiento adecuado para tal tarea.

Si bien en todo proceso de Cx de cualquier proyecto se deben establecer los alcances y costos del proceso, para el caso del comisionamiento en ingeniería civil y arquitectura, menciono ambos ya que van de la mano, se debe tener en especial consideración los siguientes criterios que definirán los RDP del proyecto:

- Directivas del Dueño
- Restricciones y limitaciones
- Requerimientos de los ocupantes
- Requerimientos para el entrenamiento del personal
- Requerimientos para el benchmarking
- Criterios que faciliten la O&M
- Expectativas del equipo y sistemas de mantenimiento, incluyendo limitantes de operación
- Requerimientos de calidad de los materiales
- Tolerancias de aceptación de sistemas
- Metas en sustentabilidad y medio ambiente
- Eficiencia energética (fachadas, losas, orientación, envolvente, ventanas)
- Requerimientos del medio ambiente interno
- Facilidad para adaptarse a futuras adecuaciones y ampliaciones
- Requerimientos para la integración de sistemas, especialmente transdisciplinario
- Requerimientos acústicos, vibratorios, sísmicos, accesibilidad, seguridad, constructivos y estéticos
- Códigos, estándares y normas aplicables



Con la descripción detallada y desarrollo de los RDP se obtiene un documento claro con las características que el Dueño necesita y busca en su futuro edificio, tal como el giro del mismo: hospital, vivienda, oficinas, retail, multiusos, etc.; niveles del edificio, servicios que se encontraran dentro de las instalaciones: restaurantes, helipuerto, estacionamiento, amenidades especiales, por mencionar algunos; sistemas constructivos preferentes y opcionales dependiendo de los requerimientos arquitectónicos y de las metas de sustentabilidad y medio ambiente principalmente, además que de los requerimientos acústicos, vibratorios, sísmicos, estéticos y seguridad van a depender muchos materiales y refuerzos necesarios en el inmueble. De estas claras relaciones surge la transdisciplina, y la correlación tan compleja en la toma de decisiones, requiriendo de especialistas y un equipo capaz de dar soluciones factibles, innovadoras y coherentes.

Son por estas razones que esta primera fase del Cx es de vital importancia. La responsabilidad del ACx es grande, debe tener la audacia para obtener todos estos datos y más, de forma ordenada y documentada que guiaran los lineamientos de la siguiente fase: el Diseño.

3.2 Factibilidad del Comisionamiento

Se deben analizar los alcances, beneficios y costos de las actividades del ECx en el rubro de Ingeniería Civil. Es preciso identificar las partes que serán comisionadas y los alcances de las mismas, para analizarlas y realizar la programación del PCx.

La factibilidad del Cx puede ser realizada una vez que se tengan los objetivos y alcances de todo el proceso. De esta forma el costo es lo más real posible y preciso de acuerdo a los objetivos buscados, brindando la confianza al Dueño de que el costo puede variar muy poco o nada al final del proceso.

Los esfuerzos para la selección de qué sistemas o áreas serán las que requieran la mayor concentración de recursos tanto económicos como de tiempo y conocimientos, serán aquellos en los que el Dueño ya ha experimentado problemas anteriormente, en caso de sistemas complejos o la criticidad de un sistema de acuerdo a los RDP. De acuerdo a la ASHRAE Guideline 0-2013 The Commissioning Process el proceso de Cx puede enfocarse a:

- Subestructura: sótanos y cimentación.
- Estructura: superestructura, techo, paredes y puertas exteriores.
- Interiores: construcción interior, paredes, pisos, plafones, puertas interiores, escaleras, y elementos especiales.



- Servicios: incluidos controles, sistemas HVAC&R, sistemas eléctricos, sistemas de salvaguarda y contra incendio, sistemas de seguridad, de comunicación, hidrosanitarios, sistemas transportadores, sistemas especiales o tecnológicos.
- Equipo y mobiliario.
- Sitio de trabajo.
- Paisajismo.

Si bien información documentada con respecto a la relación de costos-ahorros de implementar el proceso de Cx no se tiene en el país, Estados Unidos de América tiene numerosos análisis al respecto de diferentes dependencias certificadoras y de gobierno.

De acuerdo con el *U.S. Department of Energy's Rebuild American Program*, escrito por *Portland Energy Conservation, Inc, (PECI)*, el costo total del proceso de Cx por los servicios del ACx pueden estar en un rango de 0.5% al 1.5% del costo total de la construcción. La *National Association of State Facilities Administrators (NASFA)*, recomiendan costos que van del 1.25% al 2.25% del costo total de la construcción para el servicio completo del Cx, según datos publicados por *The building commissioning guide 2005* de la *U.S. General Services Administration*.

A la par la *U.S. General Services Administration* calcula que en la practica el costo aproximado del Cx representa aproximadamente el 0.5% del costo total en edificios gubernamentales, de 0.8% al 1% en proyectos más complejos como Juzgados y mayores al 1% en edificios aún más complejos como lo son los laboratorios. Los factores que influyen para determinar el costo del Cx dependen del tipo de instalaciones, operaciones 24/7, la profundidad y amplitud del servicio del Cx, el nivel de Cx deseado y los sistemas y partidas elegidas para ser comisionadas. (*The building commissioning guide 2005. U.S. General Services Administration*).

Otros estudios realizados por *Portland Energy Conservation, Inc, (PECI)*, indican que el costo promedio de la operación de un edificio comisionado se encuentra en un rango de 8% a 20% por debajo de un edificio que no tuvo este proceso. La *Building Owners and Managers Association International (BOMA)*, sugiere que los costos de un edificio de oficinas que llevo el proceso de Cx puede resultar en ahorros de energía del 20% al 50% y ahorros en el mantenimiento del 15% al 35%. (*The building commissioning guide 2005. U.S. General Services Administration*).

Con estos datos se busca mostrar los beneficios que se obtienen al realizar este proceso de aseguramiento en la construcción de un edificio, ya sea nuevo o construido.



Que, si bien tiene un costo para llevarlo a cabo, los ahorros de esta implementación son mayores a corto, mediano y largo plazo.

3.3 Plan de Comisionamiento (PCx)

Es un documento elaborado por el ACx y aprobado por el Dueño o el representante del Dueño, en el cual se definen los procesos y procedimientos requeridos para cumplir con los RDP.

En el PCx se plasma el programa de las actividades, las responsabilidades de cada miembro del ECx, la documentación requerida para cada actividad; desde la selección de un material hasta la entrega y operación del edificio, se desarrollan los reportes de los protocolos a utilizar y se especifican los procedimientos de evaluación, los cuales deberán cumplir con los objetivos de cada RDP a lo largo de todo el proceso del Cx.

El PCx, por ser un documento vivo, en esta etapa de Pre-Diseño, se realiza su primera versión, que incluirá detalles enfocados principalmente a la Fase de Diseño, y en menor proporción una descripción un tanto más pobre de las actividades y responsabilidades en las fases de Construcción y Ocupación y Operaciones. Llegado el momento, el PCx se tendrá que actualizar en cada una de estas fases, debido a que los RDP pueden tener cambios, adecuaciones o incluso tener nuevos requerimientos o dejar de existir alguno, de acuerdo a las necesidades y soluciones que se van obteniendo a lo largo de cada fase del proceso de Cx.

De acuerdo a la ASHRAE Guideline 0-2013 The Commissioning Process, la información mínima que el PCx debe contener es la siguiente:

- Resumen del proceso de Cx que se va a desarrollar para el proyecto.
- Roles y responsabilidades del ECx a lo largo del proyecto y en especial durante las fases de Pre-Diseño y Diseño. Los roles deben diferenciar las áreas con las que los miembros están involucradas, y las responsabilidades deben detallar específicamente cada actividad que debe ser completada por cada miembro.
- Documentación que explique los canales de comunicación que se utilizaran a lo largo del proyecto. Los procedimientos de la Fase de Diseño deberán estar claramente descritos y documentados durante la Fase de Pre-Diseño.
- Descripción detallada de las actividades del proceso de Cx y programa de las actividades a realizarse durante las fases de Pre-Diseño y Diseño.



- Información general de las actividades que pudieran llevarse a cabo durante las fases de Construcción y Ocupación y Operaciones.
- Guías y formatos que contribuyan con la documentación requerida para el proceso de Cx y que faciliten la comunicación entre los miembros del ECx y los demás equipos de trabajo involucrados en el proyecto.
- Formatos propios del proceso de Cx que van a ser usados durante las fases de Pre-Diseño y Diseño para comunicar y localizar información crítica.
- Documentación para la verificación de procedimientos.
- Documentación de seguimiento para casos donde no se cumpla un RDP.
- Procedimiento de muestreo de calidad para verificar el cumplimiento de cada RDP a lo largo de todas las fases del proceso de Cx.
- Información de contacto de cada miembro del ECx.

3.4 Registro de incidentes

El registro de incidentes contiene las descripciones detalladas de los incidentes del diseño, construcción o desempeño que pudieran ocasionar variaciones en los RDP.

Los incidentes son identificados y se les da un seguimiento durante el diseño, construcción y la operación del inmueble. Se recomienda que el registro de incidentes se encuentre actualizado con los estatus de los incidentes actuales y los que cuentan con una solución.

De acuerdo a la NMX-C-506-ONNCCE-2015 y a ASHRAE Guideline 0-2013 The Commissioning Process, la información que debe contener un incidente en el registro es la siguiente:

- Registro único numérico o alfanumérico, con el que cada incidente puede ser identificado.
- Descripción corta del título del incidente.
- Descripción breve del incidente.
- Fecha y hora de la identificación del incidente.
- Número de la prueba, de haber alguna, durante la cual fue identificado el incidente, que sirva de referencia para la información cruzada.
- Identificación del sistema, equipo o partida a la que pertenece.
- Localización del incidente.
- Descripción del contexto en que se encontró el incidente, que pueda ayudar en el diagnóstico, solución o evaluación del mismo.



- Solución e implicación en el desempeño del sistema, tiempo y costo.
- Clasificación del incidente:
 - Incidente menor: afecta solamente al sistema donde fue originado el incidente sin afectar en su desempeño y operación.
 - Incidente mayor: el incidente afecta la operación y desempeño en el sistema donde fue originado o a otros sistemas.
- Identificar al miembro del ECx responsable de dar solución al incidente.
- Fecha estimada de la corrección del incidente.
- Nombre de la persona que documenta el incidente.
- Acciones para evitar o disminuir incidentes recurrentes.

La información que debe ser documentada en caso de que se resuelva el incidente es:

- Fecha de resolución del incidente.
- Descripción de la acción correctiva ejecutada. Incluye una descripción de los pasos que se tomaron para obtener el diagnóstico que causó el incidente y el valor de la resolución del incidente en el proceso de comisionamiento para el Dueño, equipo de diseño, contratista o los ocupantes.
- Identificación de los RDP o BDD que requieran modificarse.
- Documento que indique que la corrección fue completada y que el sistema o elemento está listo para hacer pruebas nuevamente, si aplica.
- Nombre de la persona que resolvió el incidente.
- Nombre de la persona que documentó la solución del incidente.

3.5 Reporte del Proceso de Comisionamiento en la etapa de Pre-Diseño

Los reportes del proceso de comisionamiento son reportes periódicos del estatus de las actividades realizadas a lo largo del proceso y que forman parte del Reporte del Cx. De acuerdo a la ASHRAE Guideline 0-2013 The Commissioning Process, la información que contiene es:

- Las actividades completadas desde el último reporte realizado, incluye las actividades actualmente desarrollándose de la fase del Pre-Diseño.
- Descripción de los cambios realizados al programa de Cx, PCx y diseño, en paralelo con los efectos en los RDP y BDD.

- Incluir nuevos y sobresalientes incidentes a la lista de los que se han resuelto desde el último reporte, incluyendo una breve descripción de las acciones tomadas para resolver el incidente. Además, incluir un plan para la resolución de incidentes de forma rápida.
- Anticipar las actividades del Cx a desarrollar durante el periodo de la siguiente fase, antes del siguiente reporte.

Los reportes del proceso de Cx pueden variar dependiendo del cumplimiento de las actividades realizadas, puede variar cada dos semanas a cada seis meses. De manera general se puede realizar el progreso del reporte cada cuatro reuniones del ECx.

Los documentos de aceptación de esta fase se dan por concluidos una vez que ya están establecidos los objetivos y costos del Cx, los RDP se encuentran definidos, el PCx desarrollado y aprobado por todas las partes, el registro de incidentes actualizado y los reportes elaborados a lo largo del proceso del Cx en su Fase de Pre-Diseño completos a la fecha.

CAPÍTULO 4. DISEÑO

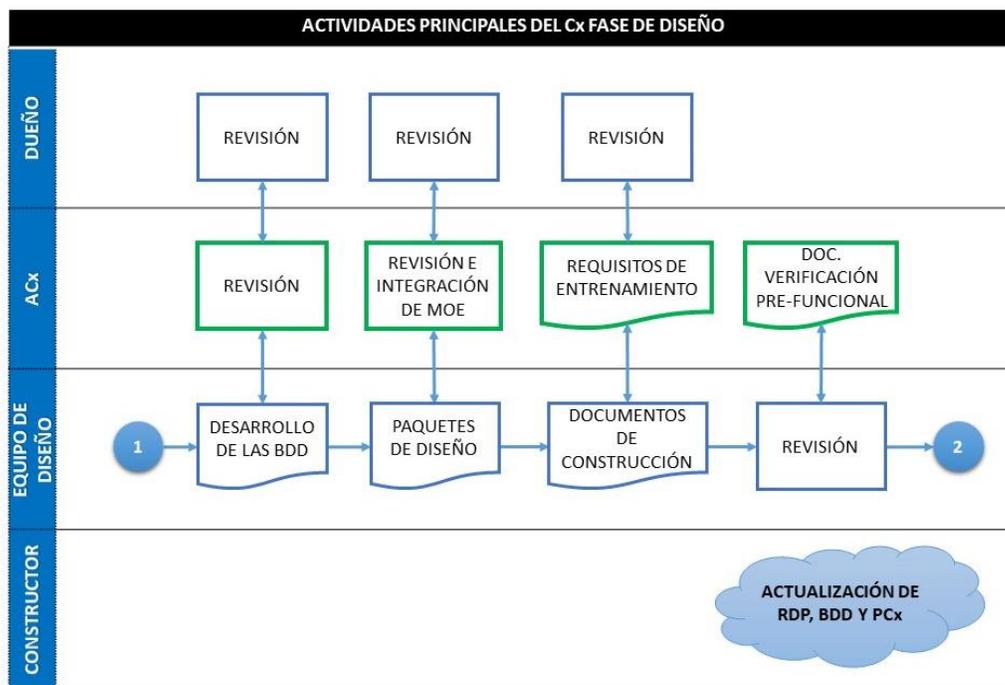


Fig. 16 Actividades a desarrollarse por los diferentes participantes del proceso de Cx en la Fase de Diseño, según la norma NMX-C-506-ONNCCE-2015 y la Building Commissioning Association, adaptaciones realizadas por el Autor.



Durante la fase de Diseño un documento llamado Bases de Diseño (BDD) es creado, el cual cumplirá todos los RDP y que serán aplicados en los documentos de construcción. Las BDD transmiten claramente las soluciones a desarrollar en el diseño y que cumplen con los criterios e intenciones de los RDP. En ellas se incluye una descripción completa de los sistemas y partidas a desarrollar, además es extendido el PCx incluyendo las actividades a desarrollar en las fases de Construcción y Ocupación y Operación.

Los objetivos buscados en esta fase son (ASHRAE Guideline 0-2013 The Commissioning Process):

- Verificación de las BDD con los RDP.
- Actualizar el PCx, incluyendo las actividades de las fases de Construcción y Ocupación y operación.
- Desarrollar los requerimientos del Cx para la inclusión en los documentos constructivos.
- Desarrollar la primera versión de los checklist a utilizar en la construcción.
- Revisión y aprobación de las Fichas Técnicas de cumplimiento (FT).
- Actualizar los alcances y formatos de los manuales de los sistemas.
- Definir los requerimientos de los entrenamientos.
- Aceptación de las actividades de la Fase de Diseño.

Esta fase es muy similar a la Fase de diseño en el proceso constructivo convencional, la principal diferencia es el desarrollo de las Bases de Diseño y el cumplimiento de los RDP, que hacen que el diseño y desarrollo de planos constructivos sean más claros y cumplan con las características y especificaciones en el desempeño e interacción de los sistemas como parte de un todo.

NOTA DEL AUTOR: el orden de las actividades a realizarse durante esta fase es como sigue; se inicia con el desarrollo de las BDD, el equipo de diseño procede con el diseño. Primeramente, se realiza el diseño arquitectónico para después realizar el diseño estructural, por sismo y por viento, al completarse el diseño final que cumpla con los RDP se realizan los documentos que se utilizaran para la construcción, tales como planos arquitectónicos, estructurales, acabados, herrería etc., y demás documentación que se incluye en los contratos de contratistas y subcontratistas para el cumplimiento de los mismos. A su vez en esta fase varias actividades se desarrollan al mismo tiempo, como la realización de los checklist que se van a utilizar durante la Fase de Construcción, formatos de pruebas, listas de verificación, obtención de los manuales de los sistemas e identificación de los requisitos de entrenamiento. Al final de esta fase se realizan las actualizaciones de los RDP y PCx.



4.1 Responsabilidades durante la Fase de Diseño

La principal actividad a verificar en esta fase es que los documentos desarrollados por el equipo de diseño cumplan adecuadamente con los RDP.

Las responsabilidades que el ECx tiene durante la Fase de Diseño son (ASHRAE Guideline 0-2013 The Commissioning Process):

- Crear y mantener la cooperación y unión en el equipo de diseño.
- Verificar que las actividades del Cx sean claras y cumplan con lo establecido en los alcances del proyecto.
- Desarrollar los alcances y factibilidad de las actividades específicas de la fase del Cx.
- Identificar los especialistas que serán los responsables del cumplimiento de las actividades específicas de un sistema o partida.
- Documentar las reuniones del ECx.
- Informar a todos los miembros del ECx de las decisiones que modifican los RDP.
- Integrar las actividades del Cx dentro del programa del proyecto.
- Dar seguimiento y documentar los incidentes y desviaciones relacionadas con los RDP, así como documentar las soluciones en el Registro de Incidentes.
- Verificar la documentación y actualización de las BDD.
- Desarrollar los checklist constructivos.
- Desarrollar los requisitos de las pruebas a realizar durante las fases de Construcción y Ocupación y operación.
- Desarrollar los requisitos de los programas de entrenamiento.
- Documentar los requisitos del proceso de Cx para ser integrados en los documentos de los contratistas.
- Actualizar el PCx.
- Revisar los documentos de la Fase de Diseño para ser cotejados con los RDP.
- Actualizar los RDP.
- Escribir y revisar los reportes del progreso del Cx.



4.2 Bases de diseño (BDD)

Las Bases de Diseño, son desarrolladas y actualizadas a lo largo de la Fase de Diseño, se requiere realizar por cada entrega de diseño y debe incluir lo siguiente:

- Opciones de los sistemas y partidas.
- Descripción de las razones de selección de cada sistema o partida.
- Desempeño esperado del inmueble, sistemas y partidas.
 - Suposición de los cálculos/tamaños.
 - Procedimientos analíticos y herramientas.
 - Condiciones medio ambientales.
 - Condiciones limitantes.
 - Referencias de los modelos y realización
 - Suposiciones operacionales.
- Narrativa del sistema y descripción de sus elementos.
- Códigos, estándares, guías, regulaciones, normas y otras referencias.
- Guías y directivas del Dueño.
- Guías de consulta, ingenieriles, arquitectónicas para el desarrollo de los diseños usados por el equipo de diseño y otros.
- El lenguaje utilizado debe ser comprendido por personas no entrenadas en ingeniería.
- Modos y secuencia de operación de los sistemas.

Los documentos de las BDD que cumplen con los criterios de los RDP son implementados en el diseño. Si los criterios no coinciden con los RDP, se deberá detallar la información que fue realizada y de qué forma impacta en los RDP o si es necesario realizar modificaciones a los mismos.

Para la obtención de las BDD en ingeniería civil y arquitectura se deben definir de acuerdo con los RDP buscados, las características arquitectónicas y de los materiales a utilizar, para proceder con los cálculos estructurales, sismo y viento (de ser necesario) correspondientes para el modelado estructural.

En el *Anexo C: Bases De Diseño (BDD)* se complementa la información requerida para obtener las bases de diseño necesarias como complemento de las ya mencionadas.



4.2.1 Diseño arquitectónico y selección de materiales

El equipo de diseño es el encargado de realizar las propuestas de diseño de acuerdo con las BDD creadas en conjunto con el ECx y el ACx en cumplimiento de los RDP correspondientes a eficiencia energética, funcionalidad, arquitectónico y diseño espacial; donde se involucra la envolvente, ventilación natural, iluminación natural, espacios adecuados, circulación, acústica, diseño arquitectónico, facilitación a futuras modificaciones o ampliaciones, medio ambiente, entre otros.

El ACx se encargará de realizar las revisiones y mandar los comentarios y correcciones encontrados de vuelta al equipo de diseño a través del arquitecto líder. No se debe perder de vista que las revisiones de los diseños son concisas y objetivas, con la finalidad de obtener el mejor resultado en el menor tiempo. Una vez que se cumplen los RDP se da por aprobado el diseño. Durante las revisiones de diseño se puede identificar la necesidad de la modificación de un RDP, por lo que el documento de los RDP debe ser actualizado.

Además, dentro de las características que el inmueble va a tener se deben considerar ciertos elementos que facilitarán alguna actividad en el proceso constructivo o funcionalidad del mismo.

Al menos estos elementos hay que considerarse en el diseño del inmueble:

- Accesos adecuados para peatones y personas con discapacidad.
- Accesos a los equipos en casa de máquinas o área de máquinas.
- Diseño de accesos elevados para zonas que requieran mantenimiento o acceso para ser operadas.
- Área necesaria para el mantenimiento, reparación o reemplazo de los equipos y elementos estructurales y arquitectónicos que lo requieran.
- Accesos adecuados con escaleras u otros al techo.

4.2.2 Cálculo estructural

El equipo de diseño, en específico la sección de ingeniería, en conjunto con el ECx y el ACx formulan las BDD del diseño estructural del edificio. Haciendo uso de este documento y del diseño arquitectónico del edificio autorizado, el equipo de diseño realiza el cálculo estructural del mismo. En él se evalúan las cargas vivas, muertas y las combinaciones requeridas de acuerdo a las Normas Técnicas Complementarias y al Reglamento de



Construcción del Distrito Federal. El equipo de diseño obtiene del diseño arquitectónico los datos para el cálculo de cargas, con las que realizan las propuestas estructurales más viables de acuerdo a la seguridad, funcionalidad, materiales, estética, costo y medio ambiente.

Algunas de las características de los elementos estructurales que deben considerarse en las BDD y el diseño estructural son las siguientes:

- Diseño de columnas, traveses y losas de acuerdo a los RDP y satisfaciendo el diseño arquitectónico.
- Selección de materiales para elementos estructurales apropiados para la zona pensando en la seguridad, existencia en la zona, funcionalidad, estética, costo y medio ambiente.
- Diseño estructural pensado para la facilitación de futuras ampliaciones o modificaciones.
- Diseño que facilite el mantenimiento de zonas críticas.
- Diseño estructural que facilite los accesos para la instalación de equipos en casa de máquinas o área de máquinas.
- Diseño que considere los pesos y vibraciones que producen los equipos en casa de máquinas o área de máquinas.

Sin embargo, se debe tener en consideración que el cálculo no ha terminado aquí, los análisis por sismo y viento pueden arrojar modificaciones en los elementos estructurales, que en conjunto podrían modificar el diseño arquitectónico y propiciar la actualización de los RDP.

El ACx tiene una gran responsabilidad al revisar estos documentos, de encontrar algún error o alguna modificación que mejora el diseño estructural, deberá ser evaluado de inmediato.

De manera similar que la sección anterior, 4.2.1 Diseño arquitectónico y selección de materiales, el procedimiento de revisión de diseño y comentarios por el ACx, así como las correcciones por el equipo de diseño, se sigue la misma cadena de actividades para la selección del diseño estructural óptimo para el edificio de esta sección.



4.2.3 Análisis por sismo y viento

El análisis por sismo y viento es realizado por la sección de ingeniería del equipo de diseño, de igual manera que el diseño estructural.

Dentro de esta sección, los estructuristas realizan un estudio de las características del edificio para la selección correcta del tipo de análisis por sismo a evaluar, que puede ser a través del método simplificado, estático o dinámico, además se analiza la necesidad de evaluar la estructura por fuerzas horizontales de viento.

En base a los resultados obtenidos se puede definir si la estructura tiene las características requeridas en cuanto a seguridad ante un evento sísmico o a viento del lugar. De darse el caso en el que la distorsión máxima sea mayor a la distorsión permitida establecida en el Reglamento de Construcción del Distrito Federal, se tendrá que reforzar la estructura, por ejemplo, con disipadores.

Algunas de las características del análisis por sismo y viento que deben considerarse en las BDD y en el análisis mismo son las siguientes:

- Altura del edificio.
- Forma geométrica del edificio.
- Tipo de cimentación del edificio.
- Elementos estructurales del edificio y material seleccionado en la sección 4.2.2 Cálculo estructural, para la obtención de características tales como pesos, rigideces, flexión, torsión y efectos geométricos.
- Zona donde será ubicado el edificio.
- Uso y cumplimiento del Reglamento de Construcción del Distrito Federal y las Normas Técnicas Complementarias.

Me atrevo a señalar que el análisis estructural, por sismo y por viento son medulares en toda construcción, un diseño correcto puede prolongar la vida del edificio, pero no solo eso, además brinda confianza y seguridad a sus ocupantes ante un siniestro o incluso en la vida diaria, siendo realistas, vidas dependen de ello durante la construcción y a lo largo de la vida del edificio. Es por esta principal razón que considero de vital importancia que el ACx y el responsable del ECx tengan especial cuidado en las revisiones de los diseños estructurales.



4.2.4 Disipadores de energía

De acuerdo a lo mencionado en la sección 4.2.3 Análisis por sismo y viento, si las distorsiones obtenidas en el cálculo por sismo son mayores a las permitidas en lo señalado en el Reglamento de Construcción del Distrito Federal, será necesario el reforzamiento de la estructura, y una buena opción es el uso de disipadores.

Ya sea a través de un análisis estático o dinámico y de la selección más conveniente del tipo de disipador, puede ser hidráulico, ADAS, TADAS, tipo U entre otros, se obtienen las características del disipador; número de disipadores, geometría, fuerza de fluencia, esfuerzo de fluencia, entre otros dependiendo del tipo de disipador.

Tal como se viene mencionando, los estructuristas pertenecientes al equipo de diseño son los responsables de realizar estos cálculos y de presentarlos al ACx y los responsables del ECx a través del Arquitecto líder para las correspondientes revisiones en cumplimiento con los RDP. Estas revisiones evalúan que se cumplan las características estructurales requeridas para la construcción y operación segura para sus ocupantes a lo largo de la vida del edificio, además se revisa que se cumplan los objetivos en cuanto a diseño arquitectónico, metas de sustentabilidad y medio ambiente, funcionalidad y futuras remodelaciones y adecuaciones, luz natural, acústica, etc.

Cabe mencionar que al ser considerada esta sección como lo último para definir el diseño estructural completo del edificio o inmueble, es aquí donde se obtienen las últimas modificaciones y actualizaciones de los RDP con relación directa o indirecta con estos elementos.

4.2.5 Modelación estructural

En la actualidad las herramientas tecnológicas son de gran soporte para el análisis de la naturaleza y comportamiento de un objeto real, los resultados de los análisis de un modelo son planos, especificaciones, gráficos 3D, hojas de cálculo, vistas isométricas, etc.

El equipo de diseño hace uso de estas herramientas tecnológicas para la facilitación de la representación de un objeto en particular y de los datos que se obtienen de ellos como planos, hojas de cálculo, etc., además algunos programas no solo se usan para el cálculo estructural sino también se pueden configurar las variables para sismo y viento, reduciendo las probabilidades de errores durante el cálculo y de manera exponencial el tiempo del cálculo mismo, con la reserva de que cada ingeniero es el responsable de introducir el



modelo y la información correspondiente de todos los elementos a los programas de manera correcta, de igual manera será responsable de la idealización y obtención de datos de los mismos.

Algunos de los programas más usados para el modelado estructural son:

- SAP200: que se basa en el método de elementos finitos con interfaz 3D orientado a objetos, realiza de manera integrada la modelación, análisis y dimensionamiento de diversos problemas de ingeniería estructural.
- ETABS: enfocado al análisis y diseño de estructuras altas, realiza el análisis estático, dinámico lineal y no lineal y permite la utilización de elementos no lineales como aislantes antisísmicos, disipadores, amortiguadores, etc.
- STAAD: se destaca por el desarrollo del modelo estructural, análisis estructural, dibujo, detallado y diseño de componentes individuales.
- TEKLA: utilizado de manera generalizada en los últimos años por estructuristas para el modelado de estructuras, obtención de hojas de cálculo, diseño de mezclas de concreto y diseño y fabricación de elementos de acero entre otras virtudes.

Con el uso de estas tecnologías las revisiones del diseño, cumplimiento de las BDD ergo RDP, desarrollo y control de las actividades en el PCx se vuelven más sencillas de concretar por el ACx. Además, que se vuelve más viable el poder evaluar diferentes soluciones de diseño de manera rápida y visualizando los resultados de los mismos de manera gráfica logrando mejores interpretaciones de los datos y aumentando la seguridad de que el diseño seleccionado es el más óptimo, seguro y eficiente.

4.3 Modelado de información para la edificación (BIM)

En los últimos años se ha venido implementando el Modelado de Información para la Edificación, BIM por sus siglas en inglés, en la construcción tanto pública como privada en el país, utilizada para el diseño, programación, control de obra, construcción y hasta usado para el cobro de estimaciones, incluso también es manejado para la operación y mantenimiento.

El software especializado es diverso, así como de diferentes proveedores, los más conocidos y usados son: Revit, ArchiCAD y AllPlan.



La función base de estos programas es el diseño virtual del edificio real, es decir, visualizado en 3 dimensiones en tiempo real, conservando las relaciones espaciales, información geométrica, características y propiedades de los elementos con que está diseñado. Al poseer este modelo virtual del edificio real es cuando se obtienen las ventajas más significativas de BIM al generar planos, renders, detalles constructivos, volumetrías, entre otros documentos, y en la realización de la planeación, programas de obra, avances de obra, modificaciones y actualizaciones de obra con una fácil manipulación de los componentes y sistemas que serán modificados automáticamente en todos los documentos (tal como planos arquitectónicos, estructurales, ingenierías, o de construcción).

Adicionalmente, en el caso de Revit, por ejemplo, posee paqueterías complementarias además del modelado en tres dimensiones con las cuales se puede proyectar las instalaciones eléctricas, hidrosanitarias, aire acondicionado, entre otras. Siendo de gran utilidad al momento de realizar los cálculos, cruzados de instalaciones, estructuras y arquitectónicos, dimensionamientos de ductos o la visualización de mejores trayectorias de tuberías y ductos y hasta de ver cómo funcionarían como sistema.

Teniendo el concepto de qué es y para qué sirve BIM se puede ver la utilidad para con el Cx.

En esta Fase de Diseño, el Equipo de diseño hace uso de la herramienta BIM para proyectar el edificio en 3 dimensiones incluyendo detalles estructurales, constructivos y arquitectónicos, instalaciones electromecánicas, aire acondicionado, especiales entre otros (dependiendo del tipo de edificio que se quiera construir), todo sinérgicamente con el respaldo del ECx y ACx.

Es de esta forma que desde esta fase ya se puede tener una visualización real del edificio e incluso ver cómo sería el funcionamiento de los elementos y sistemas que se están proponiendo en cumplimiento a los RDP. Asimismo, el uso de esta herramienta puede propiciar la identificación temprana de componentes, equipos o sistemas a ser mejorados o modificados en tiempo real, reduciendo las modificaciones de compra de equipos manufacturados hechos a medida, tiempos de entrega, retrabajos durante la construcción, ampliaciones del programa de obra, modificaciones al presupuesto y la actualización de manuales de operación y de entrenamiento.

Adicionalmente a la modelación realizada en BIM, se verifica que el edificio cumpla con la eficiencia energética del proyecto. Este modelado energético se basa en el estándar 90.1 de ASHRAE el cual provee los requerimientos mínimos en el diseño de los sistemas energéticamente eficientes. En este modelo se evalúa la envolvente del edificio, sistemas HVAC, calentamiento de agua, energía eléctrica, iluminación, motores y bombas eléctricas,



entre otros equipos, pero la característica más singular de este modelado es la simulación de la operación del edificio a lo largo de un año, es decir 8,760 horas al año, basado en el diseño original introducido al programa más las características que el estándar 90.1 ASHRAE indique como mejoras. Según los requerimientos de la certificación LEED, el resultado de este modelado debe ser 5% más eficiente que el estándar 90.1 ASHRAE, al menos.

Estos datos proporcionan información teórica del comportamiento del edificio, los cuales serán utilizados de manera activa a lo largo de la vida del mismo en el Comisionamiento continuo y operación diaria. Además, de manera útil y práctica, pueden ser comparados con el desempeño de cada sistema en tiempo real para la toma de decisiones, o para verificar el buen funcionamiento de los mismos.

4.4 Documentación requerida para la construcción

Los documentos para la construcción forman parte de las obligaciones contractuales que los contratistas y subcontratistas deben cumplir, tal como planos, especificaciones y todos los documentos que sirven de soporte para la correcta construcción o instalación de cada elemento que integra al inmueble.

Estos documentos traducen los RDP y las BDD a un lenguaje entendible en el ámbito constructivo. Al mismo tiempo estos documentos permiten al Dueño la obtención de licencias de construcción, realizar presupuestos y dar las directrices del proceso constructivo.

Es de gran relevancia que dentro de los contratos de los contratistas y subcontratistas se especifiquen claramente las obligaciones de cumplimiento con el Cx, así como las descripciones y criterios de aceptación de cada actividad o sistema, cómo y quién realizara las pruebas requeridas y quienes estarán presente para la aceptación de las mismas.

Si bien los documentos constructivos son de cumplimiento contractual para los contratistas y subcontratistas, es altamente recomendable que se adicione la mayor cantidad de información documentada de las BDD, con propósitos informativos solamente. Con la intención de que los contratistas visualicen los objetivos buscados, entiendan el diseño y materiales seleccionados, las metas en sustentabilidad y ahorros de energía, así como el uso del inmueble. Compartiendo esta información se involucra a los contratistas y subcontratistas a alcanzar las mismas metas, aunque estos documentos no sean de origen contractual.



Para hacer del conocimiento de los contratistas y subcontratistas como se realizará el Cx de forma paralela a la construcción del inmueble, es recomendable la realización de una reunión antes de iniciar los trabajos. Donde se darán a conocer los objetivos buscados, las responsabilidades y sistema que cada integrante del ECx es responsable, pero también se comunicará la forma en que se espera que los contratistas y subcontratistas desempeñen sus actividades y los resultados que se esperan de ellos. Al final lo que se busca es la reducción a cero de los malentendidos posibles que se pudieran desarrollar a lo largo de la construcción del inmueble.

4.4.1 Checklist para la construcción

Los checklist para la construcción tienen como propósito brindar información específica de los RDP a los constructores de los sistemas y operaciones a largo plazo. Un checklist contiene típicamente:

- Verificación del elemento o partida.
- Revisión de preconstrucción.
- Revisión de la colocación/instalación.
- Toda respuesta negativa.

En verificación del elemento o partida se incluye información vital de los materiales o elementos que han sido suministrados, especificando la información que se incluye en su recepción, como guías técnicas. Esta sección contiene información sobre el elemento/material que fue especificado y cual realmente fue suministrado en el sitio de los trabajos.

En la sección de preconstrucción del checklist es usualmente utilizado para verificar las condiciones en que el elemento/material fue entregado en el sitio de los trabajos, previo a su colocación/instalación.

La sección de colocación/instalación del checklist es usado para describir si la instalación fue realizada propiamente. Se enfoca en la habilidad de la colocación/instalación para coincidir con los documentos de construcción y los RDP. Para el caso de elementos específicos, esta sección se enfoca en la instalación física del mismo y en su funcionamiento inicial, cuando aplique. Para sistemas, esta sección se enfoca en la instalación y su desempeño.



La sección de respuestas negativas provee un espacio para documentar las razones de cualquier respuesta negativa ya sea para describir las acciones tomadas para su corrección o los problemas que generaron esa respuesta negativa.

Los checklist se recomiendan permanecer lo más cortos posibles y las preguntas realizadas sean formuladas de tal forma que la respuesta típica sea sí. En el *Anexo E: Checklist constructivos*, se muestra un tipo de formato sugerido por la ASHRAE Guideline 0-2013 The Commissioning Process en el cual se muestra la sencillez y precisión con que se pueden realizar estos documentos.

Los checklist son utilizados por el ECx para verificar que lo instalado converja con los RDP. También pueden ser utilizados por la contratista para cotejar el avance con el presupuesto y el programa.

4.5 Pruebas y listas de verificación de la construcción

Durante esta fase se desarrollan los procedimientos de las pruebas y métodos a los que sistemas y elementos serán sometidos durante la Fase de Construcción para el cumplimiento de sus requerimientos estructurales, calidad y funcionalidad. Estos documentos serán diseñados y descritos por el ECx y serán incluidos en los contratos de los contratistas y subcontratistas.

La información que las pruebas deben brindar es la siguiente:

- Las partes que desarrollarán las pruebas, dejando claramente definidas las obligaciones y responsabilidades de cada uno. Entre las partes puede estar incluido el gerente de proyectos, contratista, subcontratista, ECx, ACx, diseñador, personal de operación y mantenimiento, representantes de los fabricantes o algún experto que la prueba lo amerite.
- Prerrequisitos para el desarrollo de las pruebas incluyendo el cumplimiento final de las mismas. El cumplimiento de los prerrequisitos es vital para el desempeño esperado de los sistemas tanto durante la Fase de Construcción y Ocupación y Operación. El ACx se debe coordinar con el gerente de proyecto para programar las pruebas a lo largo de la construcción y cumplir con todas en tiempo y forma.
- Lista del equipo, instrumentación, herramienta y materiales necesarios para realizar la prueba.



- Instrucciones paso a paso del procedimiento que se llevará a cabo para cada prueba en específico. Se incluye una descripción del contexto en que se realiza la prueba, los parámetros iniciales requeridos, el procedimiento para regresar al funcionamiento normal del sistema y los resultados de la misma.
- Registro de las observaciones, resultados y rango de aceptación de los mismos.

4.6 Actualización de los RDP

Si durante el desarrollo de las BDD y los documentos constructivos alguna directriz del Dueño tuvo que ser modificada debido a razones técnicas o incluso a que se encontró una mejor solución para el desempeño de un sistema o elemento, se deberá modificar, eliminar o incluir la nueva directriz en los RDP. Previamente se habría localizado y elaborado un nuevo registro en el Registro de incidentes y dado seguimiento del mismo hasta concluir en la modificación del RDP, asimismo se deben plasmar los nuevos cambios en el PCx.

A la par se analiza si la modificación del RDP afecta el desempeño de otros sistemas y de qué forma. Si es necesario, tendrían que actualizarse los nuevos desempeños y requerimientos de los sistemas involucrados.

4.7 Actualización del PCx

El PCx debe ser actualizado para reflejar los cambios en los RDP e incluir información adicional desarrollada durante la Fase de Diseño.

Durante la Fase de Diseño, se debe incluir lo siguiente en el PCx (ASHRAE Guideline 0-2013 The Commissioning Process):

- Verificar y probar los sistemas y partidas.
- Programar las actividades de las fases de Construcción y Ocupación y Operación.
- Describir los roles y responsabilidades de los nuevos miembros del ECx.
- Incluir la documentación y reportes de los requerimientos, procedimientos y formatos de las fases de Construcción y Ocupación y Operación.
- Comunicar los protocolos a utilizar en las fases de Construcción y Ocupación y Operación.



- Procedimientos del proceso de Cx para las fases de Construcción y Ocupación y Operación.

Entre las actividades a ser incorporadas en el programa al menos deben incluir una reunión de la preconstrucción, reuniones con el ECx, sesiones de entrenamiento, entregas de planos, entregas de los manuales de los sistemas, pruebas especiales o inspecciones y aceptación oficial de algún código o norma, pruebas, periodos de pruebas, ocupación, pruebas estacionales, entrega del reporte inicial del proceso de Cx, revisión de la garantía dos meses antes del periodo de término de la misma, reuniones de lecciones aprendidas y reporte final del proceso de Cx.

El procedimiento de las actividades a implementar durante las fases de Construcción y Ocupación y Operación, deben estar claramente documentadas en la Fase de Diseño. Estas incluyen lo siguiente (ASHRAE Guideline 0-2013 The Commissioning Process):

- Revisión de las entregas.
- Programación de las reuniones.
- Procedimiento de las visitas a obra.
- Identificación de incidencias, documentación, seguimiento y solución.
- Preparación, implementación y seguimiento de las pruebas en la Fase de Construcción.
- Responsabilidades de cada miembro del ECx.
- Quien sea el responsable de los costos y verificación de las pruebas, incluir las posibles repruebas y actividades.
- Desarrollo y revisión de los manuales de los sistemas.
- Programa de entrenamiento.
- Preparación, implementación y seguimiento de las pruebas en la Fase de Ocupación y Operación.

4.8 Manuales de operación de la edificación (MOE)

Los manuales deberán proveer de la información necesaria para entender, operar y mantener los sistemas y elementos, así como para informar de aquellos que no pertenecen a algún sistema en particular, pero son parte del diseño y construcción. Los manuales de los sistemas deben ser actualizables y maleables a correcciones que pudieran surgir durante la Fase de Ocupación y Operaciones.



Los manuales utilizados tienen un mayor alcance al ser incluida, además de la documentación para la operación y mantenimiento tradicionales, la información generada a lo largo del proceso de Cx y la organización de los sistemas.

La información requerida de la constructora debe ser clara para ser anexada a los manuales de los sistemas.

Los siguientes datos deben ser incluidos en los manuales de los sistemas (ASHRAE Guideline 0-2013 The Commissioning Process y NMX-C-506-ONNCCE-2015):

- Nombre del contratista.
- Índice del manual con anotaciones del contenido y ubicación de la información en caso de no estar en el mismo manual.
- Introducción ejecutiva.
- RDP.
- Documentos BDD.
- Documentos de la construcción, especificaciones y formatos aprobados
- Registro de incidentes.
- Lista de los procedimientos recomendados para mantener la operación, se incluyen formatos de ejemplo, registros y otros.
- Guía de optimización.
- Manuales de operación y mantenimiento (incluye procedimientos de operación normal, anormal y operaciones en modo de emergencia; procedimientos de mantenimiento; lista de piezas de repuesto recomendables; guía de solución de problemas; esquema de los sistemas)
- Calendario de mantenimiento.
- Garantía de equipos y sistemas.
- Originales de los formatos de pruebas.
- Manuales originales del fabricante.
- Datos del fabricante y proveedores.
- Material de entrenamiento.
- Reporte de Cx.

Además, en el *Anexo H: manual de los sistemas*, se muestra el orden de la documentación con que debe ser integrada y el contenido de que cada sección en el MOE de manera general o para un sistema o elemento en específico.



4.9 Requisitos de entrenamiento

A lo largo de la Fase de Diseño, el ACx, contratistas y representantes del dueño, identifican los requerimientos del entrenamiento del personal de operación y mantenimiento de cada sistema y de los elementos que serán instalados en el edificio. Tales requerimientos a cumplir implican documentos constructivos emitidos por el diseñador y el contratista respaldado por el proveedor y/o el fabricante, un calendario de las sesiones de entrenamiento su duración y perfil del personal dedicado a cada sistema. Una vez concluidas las sesiones de entrenamiento se entrega a los asistentes una constancia de participación y a los contratistas un documento de aceptación del mismo.

Es crítico que durante las sesiones de entrenamiento se brinde al personal de operación y mantenimiento el conocimiento y las habilidades para operar el inmueble y que los RDP se cumplan satisfactoriamente. Los ocupantes también tienen la responsabilidad de entender el impacto que tienen al usar las instalaciones del inmueble y tener la habilidad para seguir cumpliendo con los RDP.

Estos requerimientos en el entrenamiento pueden ser obtenidos utilizando técnicas de grupo, grupos de trabajo, entrevistas o encuestas. Los requerimientos del entrenamiento son obtenidos una vez que los sistemas y elementos han sido decididos, antes de la emisión de los documentos para la construcción, para asegurar que los requerimientos para el entrenamiento sean transmitidos claramente en los documentos constructivos. Los resultados de las técnicas de grupo, grupos de trabajo, entrevistas o encuestas deben tener lo siguiente (ASHRAE Guideline 0-2013 The Commissioning Process):

- Los sistemas, subsistemas, equipamiento donde será necesario el entrenamiento.
- Las habilidades y capacidades del personal de operaciones y mantenimiento y de los ocupantes.
- El número y tipo de la sesión de entrenamiento. El programa de entrenamiento debe ser organizado en una serie de módulos de instrucción, cada uno cubre una parte de los sistemas del inmueble, equipos y elementos.
- El aprendizaje de los objetivos debe ser medible y se deben desarrollar métodos de enseñanza que describan claramente las habilidades y conocimientos específicos que cada miembro del personal y ocupantes se espera domine.

La primera ronda de entrenamientos debe ser de forma general al personal de operación y mantenimiento y a los ocupantes donde se deben revisar los RDP y las BDD.



Esto provee los antecedentes del porque se está construyendo el inmueble y las limitaciones del mismo.

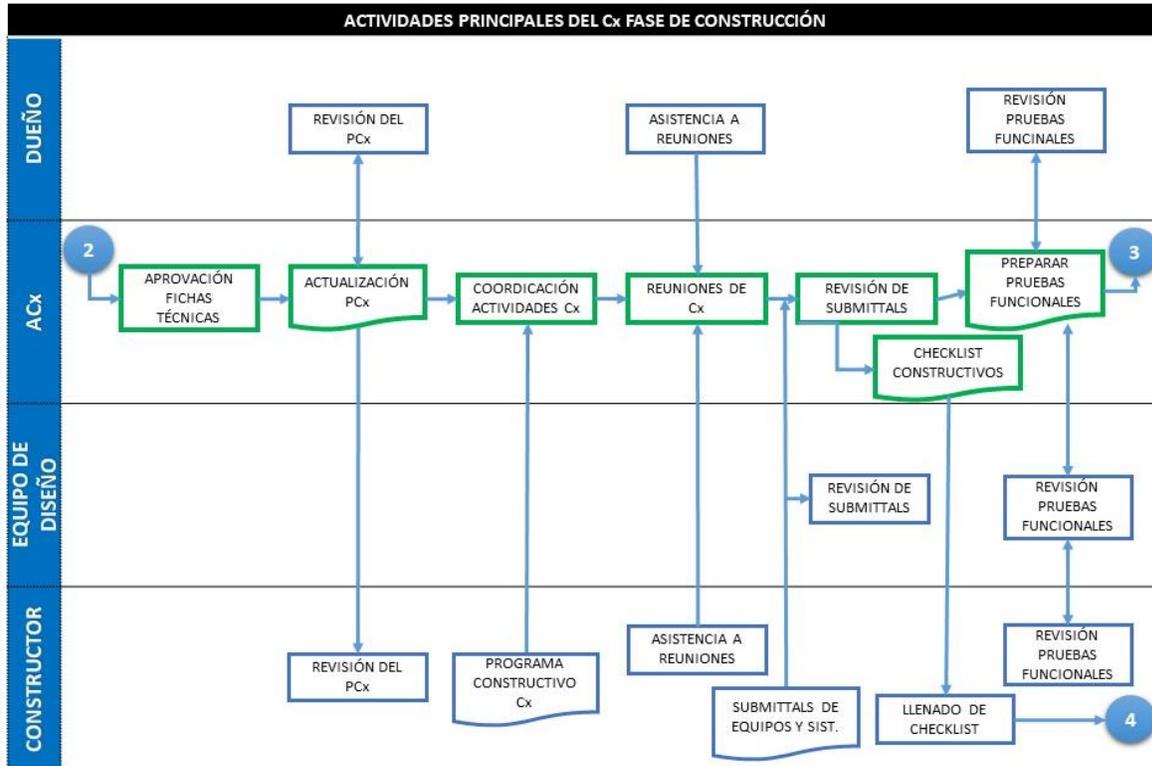
La mayoría de los entrenamientos deben programarse para ser completados durante la Fase de Construcción y antes del término de la misma.

Solo ciertos sistemas pueden tener entrenamientos durante la Fase de Ocupación y Operaciones con el objeto de alcanzar los RDP, si es que no se completaron en la Fase de Construcción o si el sistema es completado y probado hasta la Fase de Ocupación y Operaciones.

Revisar la documentación durante el entrenamiento consiste en revisar el contenido de emergencia, operación, información de mantenimiento en los manuales de los sistemas, documentos del proyecto, sistema de identificación de los sistemas y equipos, garantías y los acuerdos del servicio de mantenimiento en los manuales de los sistemas. El entrenamiento específicamente debe contener (ASHRAE Guideline 0-2013 The Commissioning Process):

- Instrucción y procedimientos de emergencia: aquellos que son requeridos para la operación del inmueble durante alguna emergencia, incluyendo un instructivo paso a paso para cada tipo de emergencia.
- Procedimientos e instrucción de operación: los procedimientos deben incluir la operación normal del inmueble, incluyendo un instructivo paso a paso de la operación.
- Instrucciones de ajuste: información de los parámetros de la operación del mantenimiento.
- Procedimiento ante problemas: instrucción para el diagnóstico de problemas operacionales para las pruebas e inspección.
- Procedimientos de mantenimiento e inspección.
- Procedimientos de reparaciones: instrucción para el diagnóstico de problemas, desmontaje, remoción de elementos, reemplazo de elementos y montaje.
- Mantenimiento del manual de sistemas y documentación y registros de mantenimiento asociados.

CAPÍTULO 5. CONSTRUCCIÓN



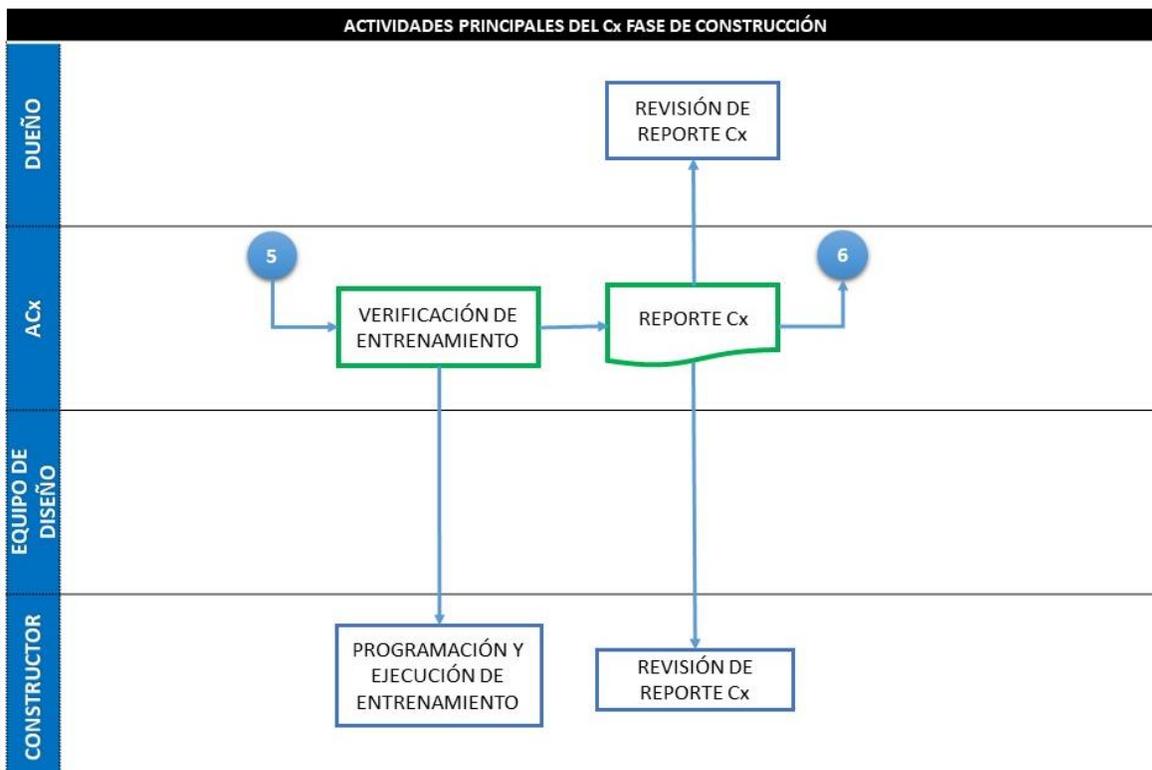
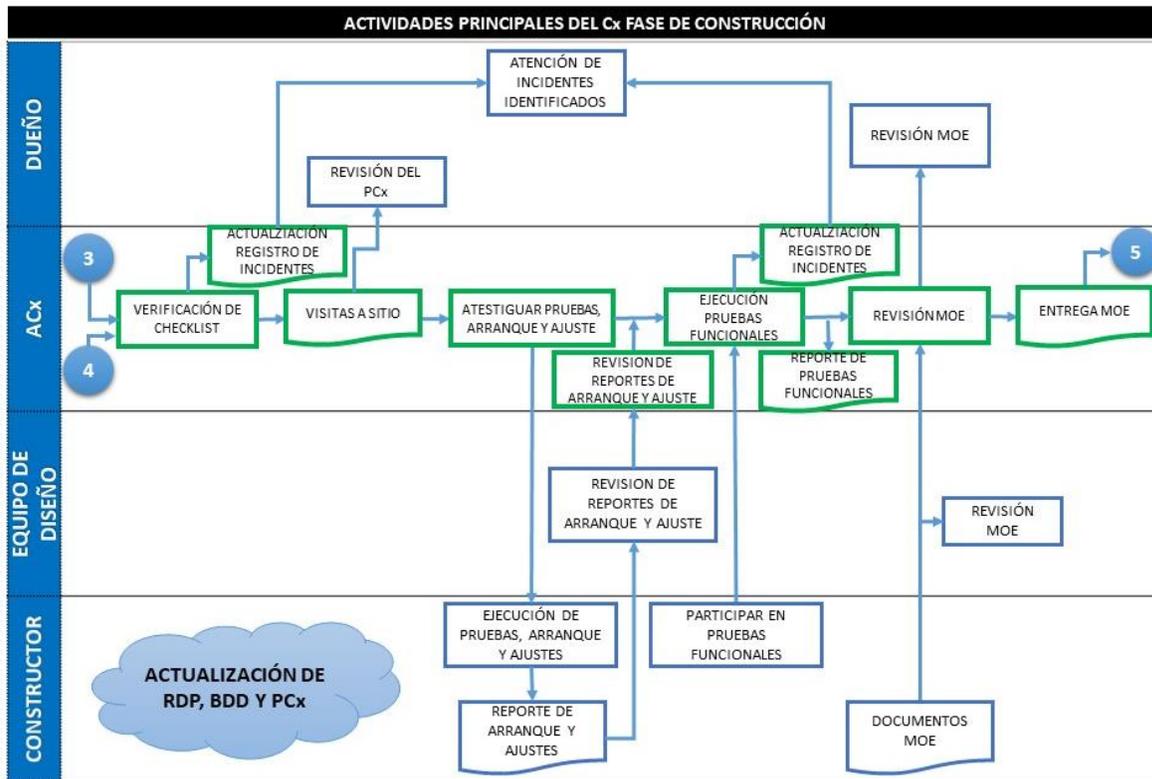


Fig. 17 Actividades a desarrollarse por los diferentes participantes del proceso de Cx en la Fase de Construcción, según la norma NMX-C-506-ONNCCE-2015 y la Building Commissioning Association, adaptaciones realizadas por el Autor.



Durante la Fase de Construcción se verifican que todos los sistemas y elementos cumplan con los RDP a través de la inspección de las actividades, pruebas y puesta en marcha de los sistemas, entrenamiento del personal y cumplimiento del desempeño esperado del edificio. En esta etapa se encuentra la mayor cantidad de negociaciones entre el equipo constructor, diseño y ECx durante las actividades de construcción.

En esta etapa se inician los entrenamientos del personal y se hace la entrega de los MOE.

La información que será recopilada a lo largo de esta fase, como resultados de pruebas, desempeños finales o documentación de cumplimiento pueden ser de gran utilidad para benchmark de futuras actualizaciones del edificio o incluso para otros edificios.

Los objetivos de la Fase de Construcción son los siguientes contener (ASHRAE Guideline 0-2013 The Commissioning Process):

- Actualizar los RDP.
- Actualizar el PCx.
- Verificar que los entregables cumplen con los RDP.
- Desarrollar detalladamente los procedimientos de pruebas y formatos de datos.
- Entrega de los MOE.
- Verificación del entrenamiento al personal de operación y mantenimiento del dueño y a sus ocupantes.
- Aceptación de las actividades de la Fase de Construcción.

Debido a que en esta fase se requiere de una gran coordinación y cooperación entre todos los equipo de trabajo, principalmente con los contratistas y subcontratistas, en necesario establecer una sección en sus contratos en los que se comprometen a cooperar en todas las actividades que el proceso de Cx requiera desde la etapa de Pre-Diseño hasta la etapa presente, además de compartir información tal como pruebas de sistemas o elementos, desempeño de las pruebas, registros, fotografías, entrenamientos externos, contacto de fabricantes o proveedores y otros requerimientos que se presenten en esta etapa.

NOTA DEL AUTOR: es en esta fase que se lleva a la realidad todo lo elaborado teóricamente, es compromiso tanto de los que construyen como de los que supervisan y llevan control de las actividades de construcción y del mismo Cx hacer cumplir los RDP, estrategias, planes, actividades, realizar pruebas, entrenamientos, y en general todo lo necesario para la obtención exitosa de las metas y objetivos por los que se está realizando la construcción. Cabe mencionar que el mismo proceso de Cx no rigidiza ni desestima las



decisiones, actividades y eventos que se puedan presentar a lo largo de esta fase sino todo lo contrario, el Cx tiene previsto que estas actualizaciones y cambios pueden surgir durante la construcción por lo que lleva registro de incidentes para rastrear aquellas actividades que puedan resultar en modificaciones a los RDP o a su vez resolver y reencaminarlas a su objetivo original. Además, con el uso de los checklist, que se utilizan a todo lo largo de esta fase, se puede verificar en el momento si el conjunto de actividades que forman un sistema cumplen o no con su propósito final y así realizar las correcciones y adecuaciones necesarias dentro de los tiempos programados. Por lo que en esta fase también realizan las actualizaciones de los RDP, PCx, BDD y MOE. Al final de esta fase lo que se busca es que todos los elementos y sistemas se hayan construido de manera adecuada y funcionen con el desempeño con que fueron elegidos en el diseño de acuerdo a los RDP, adicionalmente se busca que el personal de mantenimiento y los ocupantes tengan un amplio conocimiento de cómo funciona y operan los sistemas para que puedan obtener siempre los desempeños con que fueron diseñados, de lo contrario puedan identificar los problemas y darle solución.

5.1 Responsabilidades durante la Fase de Construcción

Para facilitar la coordinación entre los diferentes equipos durante esta fase, se deben llevar a cabo reuniones con el ECx, en ellas se aclaran y se exponen los objetivos a seguir para cumplir con los RPD.

En el *Anexo F: ejemplos de muestreo basados en la calidad*, se muestra un ejemplo utilizado para verificar que cada tarea o prueba relacionada con un RDP se cumpla de acuerdo a ASHRAE Guideline 0-2013 The Commissioning Process.

Las responsabilidades que debe desempeñar el ECx durante esta fase son (ASHRAE Guideline 0-2013 The Commissioning Process):

- Participación en la conferencia de arranque de obra.
- Coordinar la participación de los representantes del dueño.
- Identificación de los especialistas que serán responsables de cumplir con las actividades específicas del proceso de Cx de los sistemas y partidas.
- Actualizar los RDP para reflejar las decisiones tomadas durante la construcción.
- Actualizar el PCx.
- Coordinar una reunión del proceso de Cx antes de iniciar los trabajos.



- Revisar los siguientes entregables para cumplimiento de los RDP: planos de coordinación, programa de compras, información de los productos, MOE preliminar y programa de entrenamiento.
- Señalamiento de los cambios en el programa.
- Desarrollo y documentación de los procedimientos de las pruebas y formatos de datos.
- Realizar y documentar las reuniones con el ECx.
- Supervisar el cumplimiento de los RDP a través de visitas periódicas al sitio.
- Verificación del cumplimiento de los elementos indicados en los checklist constructivos.
- Atestiguar pruebas.
- Verificar los reportes de las pruebas.
- Verificar el entrenamiento del personal de operación y mantenimiento de acuerdo a los RDP.
- Identificar, diagnosticar, y dar seguimiento de los incidentes y desviaciones relaciones con los RDP, así como documentar la solución de los mismos.
- Escribir y revisar los reportes del progreso del Cx.
- Revisar los reportes de avance de obra.
- Verificar la incorporación del nuevo equipo y sistemas a los MOE, de existir.
- Verificar la actualización de la documentas de las BDD.
- Verificar la actualización de los MOE.
- Todos los miembros del ECx son responsables de mantener a todo el equipo informado de las decisiones que resulten en modificaciones a los RDP.
- Revisar las modificaciones de los contratos para el cumplimiento de los RDP.

5.2 Reuniones durante la Fase de Construcción

Hasta este punto de la lectura se ha mencionado en varias ocasiones de las reuniones que deben realizarse durante la Fase de Construcción. La primera a realizarse es la reunión de pre-inicio de construcción, con esta se arrancan las actividades de comisionamiento y se entablan las relaciones de cooperación y compromiso tanto de los miembros del ECx como de los miembros que integran a los equipos constructivos. Una vez iniciados los trabajos, se realizarán las reuniones periódicas del proceso de Cx para revisar y evaluar el estatus del avance de obra; si se están cumpliendo los propósitos establecidos y llegar a nuevos acuerdos de ser requerido. Cada determinado tiempo también se realizan visitas al lugar de trabajo, donde será de mayor facilidad la identificación de incidentes,



realización de negociaciones, verificación de cumplimiento de los RDP y cumplimiento de las actividades de acuerdo al PCx.

5.2.1 Reunión pre-inicio de construcción

Al inicio de la Fase de Construcción, el ACx conduce la primera reunión con el ECx y los contratistas, con la finalidad de explicar los objetivos buscados con el proceso de Cx, indicar cuales son los RDP que se quieren alcanzar, especificar los roles y responsabilidades de cada contratista relativo al Cx, explicar los elementos contractuales que serán parte y explicar los requerimientos necesarios para las pruebas de los sistemas, entrenamientos y MOE. De esta manera se busca que los objetivos de los contratistas se alineen con los objetivos del proceso Cx y los RDP alcanzando de manera conjunta las metas y desempeño esperado del inmueble.

Si para este momento aún no se cuentan con todos los representantes de los contratistas dentro del ECx, se debe asignar entonces a un representante con la capacidad de comprometerse y toma de decisiones, ya que será la persona que los representará en las posteriores reuniones.

5.2.2 Reuniones del ECx

Tan pronto como sea posible se debe realizar el calendario de las reuniones periódicas que se llevaran a cabo durante la Fase de Construcción. Sin embargo, se debe tener cierta flexibilidad a posibles modificaciones de alguna fecha debido a que ciertas circunstancias lo ameritaron.

La fecha, lugar, hora y lista de invitados a una reunión se debe coordinar con otras reuniones programadas o coordinar con los invitados al menos 2 semanas antes para minimizar los viajes, tiempo y costos implícitos.

Las reuniones periódicas buscan actualizar las actividades realizadas y por hacer a la fecha, dar soluciones a una situación, la toma de decisiones ante un incidente, compromiso de fechas de cumplimiento de actividades, u otro asunto pertinente en el momento, pero siempre con el objeto de obtener resultados y decisiones en el momento, es por eso que se necesita que los integrantes del ECx tengan la capacidad para tomar decisiones, de esta



forma se garantiza que en cada reunión se obtendrá el mejor resultado posible en el menor tiempo invertido.

Después de cada reunión se distribuye una minuta con un resumen de los temas tratados y actividades realizadas durante la reunión, así como los acuerdos llegados y los compromisos hechos por cada invitado junto a su firma.

5.2.3 Reuniones periódicas al sitio de trabajo

Las visitas al sitio de trabajo son primordiales para poder verificar que los elementos y sistemas están siendo construidos de acuerdo a los RDP.

En cada visita es necesario realizar una serie de actividades para obtener la información de la manera más sustancial; primeramente, con la información que ya se tiene de visitas anteriores o checklist a la fecha, obtenemos el estatus actual de la obra para la selección de la muestra de los elementos o sistemas que se van a verificar en campo, con base a las partidas seleccionadas se identifican los miembros del ECx que van a efectuar la revisión. Para realizar la verificación se hará uso de planos, checklist u otro documento que brinde seguridad de las actividades se están realizando de acuerdo a los RDP.

En caso de encontrar alguna inconsistencia atribuible a la contratista se hará un registro del mismo y la contratista será responsable de la corrección necesaria. Pero si, al identificar una inconsistencia, resulta que los análisis arrojan que es necesario realizar una modificación al elemento o incluso al funcionamiento del sistema o sistemas involucrados, se sigue el procedimiento del Registro de Incidencias y se procede a la modificación del RDP en cuestión.

Al final de cada revisión se realiza una reunión en campo con la contratista para discutir el avance de acuerdo al PCx y al programa de obra, así como los hallazgos que requieren de un proceso de resolución o de ser posible resolver en ese mismo momento y corregir el problema.

Asimismo, se realiza una reunión con el representante del dueño para revisar los incidentes encontrados y posibles actualizaciones en el programa de obra y el PCx.

Por último, se realiza el reporte de la visita realizada para ser entregada a cada miembro del ECx y que todos se encuentren con la información actualizada.



5.3 Actualización de los RDP y BDD

Hay dos formas en las que los RDP puedan ser actualizados, ergo, algunos BDD puedan verse en la necesidad de actualizarse de igual manera.

La primera es que al inicio de la Fase de Construcción el Dueño solicite una modificación en el desempeño de un elemento o sistema, un cambio de algún elemento u otra modificación que al ser analizada por el ECx resulte que provocaría cambios en los RDP. De ser así se tendría que analizar no sólo el elemento o sistema en cuestión, sino los sistemas que se verían afectados por este y si será necesaria la actualización de otros RDP, y se procedería con las actualizaciones necesarias en las BDD junto con el resto del proyecto constructivo.

Cabe mencionar que los cambios a los que está sujeto cada proyecto son relativamente limitados ya que, en etapa temprana, en la etapa de Pre-Diseño, se dejaron claros todos los requerimientos, necesidades y objetivos en los RDP desarrollados entre el Dueño y el ACx, teniendo valides contractual. Incluso en la etapa de Diseño ya se hubieron realizado actualizaciones a los mismos. Sería un tanto incoherente que el Dueño solicitara una modificación mayor a los RDP durante la Fase de Construcción, a menos que tuviera una razón justificable.

El motivo para procurar limitar las modificaciones mayores es debido a que ya se tiene un PCx, un programa de obra, presupuestos aprobados, BDD plasmados en los documentos constructivos, y una serie de actividades que se han venido desarrollando a lo largo del proceso, pero sobre todo ya se tienen los RDP que han sido hasta este punto la base de desarrollo de todo el proyecto. Modificaciones de esta magnitud implican ampliaciones en el programa, aumento en el presupuesto, retrabajos, reemplazo de posibles equipos ya comprados o incluso la demolición de elementos estructurales, sin mencionar el tiempo en realizar las actualizaciones necesarias a los documentos constructivos, al final se traduce en sobrecosto. Que precisamente es lo opuesto a los objetivos que se buscan el Comisionamiento.

La segunda forma sería durante esta etapa, por el seguimiento de un incidente, si identifique una solución más óptima al problema en cuestión, implicando la modificación de el/los RDP involucrados, o se tenga que modificar un RDP a fin de obtener un mejor desempeño del elemento o sistema en el que fue detectado el incidente.



5.4 Actualización del PCx

Es necesario actualizar nuevamente el PCx durante la Fase de Construcción para incorporar las actividades realizadas o por realizar. Del PCx existente se deben agregar lo siguiente (ASHRAE Guideline 0-2013 The Commissioning Process):

- Procedimientos de pruebas y documentación elaborada durante esta fase.
- Integración y coordinación de las actividades del Cx con el programa de obra.
- Descripción de los roles y responsabilidades de los miembros de ECx, así como incluir a los nuevos elementos del equipo.
- Identificación de los especialistas responsables de un sistema un específico.
- Comunicar los canales de comunicación que serán utilizados durante esta fase.

Además, es necesaria la actualización del PCx por los cambios que puedan surgir durante la Fase de Construcción, como los mencionados en la actualización de los RDP y BDD. En el *Anexo G: Modelo de PCx para la construcción*; se muestra un tipo de formato sugerido por la *Portland Energy Conservation, Inc. (PECI)*, para la complementación de información a realizar a lo largo de la Fase de Construcción; actualización, modificaciones y complementación de información para pruebas, entrenamiento, y manuales de operación por mencionar algunos.

5.5 Programación de las actividades del Cx

Para tener un desarrollo correcto de las actividades de comisionamiento a lo largo de esta fase, se requiere que sean integradas y coordinadas con las actividades del programa de construcción. Esta integración de actividades permite al ECx planear su trabajo a lo largo de la Fase de Construcción para la verificación de los RDP. Esta fusión de los programas permite que se identifiquen los por menores a tiempo y la reprogramación de actividades según sea el caso.

La programación del proyecto necesita incluir la fecha de inicio, duración, descripción y entidad responsable para completarlo.

Como mínimo, lo siguiente debe ser incluido en la programación del proyecto (ASHRAE Guideline 0-2013 The Commissioning Process):

- Reuniones con el ECx.



- Inicio y conclusión de cada fase constructiva.
- Sistemas clave y cumplimiento de sistemas y pruebas.
- Periodos de entrenamiento.
- Cumplimiento sustancial.
- Día de inicio de la garantía.
- Mudanza de los ocupantes.
- Revisión de la garantía dos meses antes del final de las mismas.
- Reunión de lecciones aprendidas.

5.6 Fichas técnicas para la construcción

Si bien durante la Fase de Diseño se realizó el acopio de las FT de los elementos y sistemas que serán instalados en el inmueble, es ahora que se debe verificar que estos arriben a la obra y correspondan con las especificaciones señaladas en las FT para garantizar que sean alcanzados los desempeños óptimos de tal manera que cumplan con los RDP.

Sin embargo, es posible que, durante la Fase de Construcción, tal como se ha venido mencionando hasta este momento, los RDP tengan alguna modificación, surjan nuevos o alguno dejara de existir, provocando que algunas fichas técnicas perdieran su valor contractual y sean requeridas las nuevas FT. Al presentarse este caso hay que realizar una revisión de los sistemas existentes o en construcción, cómo son perjudicados y qué modificaciones hay que realizarse en el sitio lo antes posible, para evitar retrasos y aumentos en el presupuesto.

Hay que tener en cuenta que el análisis de los elementos donde es precisa la fabricación anticipada, se realizó minuciosamente en la etapa de Diseño y la probabilidad de que sea modificado un RDP conexo por el Dueño son reducidas, de presentarse el caso no solo se deberá actualizar las FT, además hay que considerar que pueden surgir modificaciones considerables tanto en el programa de obra como en el presupuesto general con el objeto del cumplimiento de las nuevas especificaciones de los elementos modificados.

Como suplemento del uso de las FT, también son usadas junto con los checklist para verificar que los elementos y sistemas que arriban a la obra son los solicitados y/o comprados al fabricante/vendedor.



5.7 Cumplimiento de los RDP

A lo largo de esta fase es que se requiere la mayor atención y verificación de las actividades tanto a realizar como en proceso de realización por parte del ECx.

El proceso de Cx hace uso de varios elementos para verificar el cumplimiento de los RDP e incluso identificar posibles errores y modificaciones futuras a los mismos, como lo es el Registro de incidentes, checklist para la construcción y la documentación de pruebas in situ o laboratorio.

A través de las visitas periódicas a obra, las cuales estarán ya coordinadas con las actividades del programa de obra, con el uso de los checklist para la construcción y el registro de incidentes se verifica que las actividades se estén realizando de acuerdo con el proceso descrito para el cumplimiento de los RDP, sin embargo, el producto final solo será aprobado cuando las pruebas de los sistemas y elementos cumplan con lo buscado y el funcionamiento con los demás sistemas sea el correcto y de acuerdo a los RDP.

5.7.1 Control de obra bajo la herramienta BIM

Como bien se ha mencionado en el capítulo anterior, complementar el proceso de Cx y el constructivo con la herramienta BIM es de gran utilidad.

Durante esta fase los modelados, especificaciones y programaciones realizados en la Fase de Diseño es que amplían su valor.

Desde el momento de la colocación de la primera piedra, cada elemento puede ser rastreado y comparado con el modelo virtual realizado del inmueble a través de BIM, esto presenta varios beneficios y oportunidades:

- Tener control de las actividades realizadas y por realizar, de esta manera se puede obtener un mayor apego al programa de obra, reducción de retrabajos, control de los suministros y presupuesto, por mencionar algunos directamente relacionados a la construcción, y cumplimiento del PCx, tanto de las actividades de obra como del ECx.
- Análisis de posibles escenarios y actualizaciones de acuerdo con la identificación temprana de modificaciones de elementos o incluso sistemas, como resultado de cambios en obra o de necesidades iniciales, en conjunto con el registro de incidentes y lo requerido en los RDP.



- Con el uso de la paquetería de programas como REVIT y el estándar 90.1 de ASHRAE, se pueden realizar simulaciones del funcionamiento e interacción de los sistemas elementales para ser comparados con lo que se está obteniendo físicamente, sirviendo de guía y comparativo con los resultados de pruebas hechas en obra (hay que tener en cuenta que las pruebas deben cumplir ciertos reglamentos y normas a los cuales hay que apegarse además de que los resultados van ligados directamente con los RDP), tales resultados serán útiles a lo largo de la operación y mantenimiento del edificio.

5.7.2 Utilización de Checklist constructivos

Los checklist constructivos son desarrollados por el ACx, mantenidos por el gerente de construcción y usados por la contratista y subcontratista a lo largo de la Fase de Construcción y parte inicial de la Ocupación y Operaciones. Los checklist tienen como propósito transmitir la información pertinente a los contratistas y subcontratistas conservando las preocupaciones de las especificaciones, recomendaciones y la operación a largo plazo de los sistemas en el inmueble. La estructura apropiada de un checklist es mantener de forma clara, corta y simple la información enfocándose en los elementos clave.

Los checklist cubren el periodo desde que los materiales y elementos son entregados a pie de obra hasta el punto donde son colocados y aprobados por laboratorio, por los supervisores y ECx e inician operaciones. Esto incluye pruebas, ajustes y balance y control de los sistemas.

Los checklist constructivos son documentos y herramientas usados para transferir información de los contratos (planos y especificaciones) a los contratistas y subcontratistas. Al completar los checklist los trabajadores se aseguran que están cumpliendo satisfactoriamente con los requisitos del proyecto. Generalmente un checklist entra en las siguientes categorías (The Building Commissioning Guide; GSA Public Building Service):

- Suministro y almacenamiento.
 - Documentos y rastreo de los materiales y elementos al sitio.
 - Verificar la información enviada (evitando aceptar e instalar aquellos que no cumplan con las especificaciones).
 - Asegurarse que los materiales/elementos se mantengan libres de contaminación, humedad, etc.
- Colocación y arranque
 - Revisar todos los componentes instalados.



- Revisar el sistema.

El desarrollo de los checklist se debe realizar en coordinación entre personal de operaciones, gerente de proyecto, técnicos expertos, ACx, gerente de construcción, constructora y en algunos casos incluso oficiales del gobierno local o del estado para maximizar los beneficios y orientar los checklist de la manera en que la gerencia de construcción y la contratista deben manejar el proyecto.

Generalmente los checklist son desarrollados como sigue (The Building Commissioning Guide; GSA Public Building Service):

- El ACx identifica los componentes y sistemas que requieren checklist.
- El ACx revisa los RDP para encontrar los criterios clave.
- El ACx revisa las especificaciones y entregables para encontrar los requisitos clave.
- El ACx desarrolla un ejemplo de checklist para la revisión de la gerencia de proyectos y gerencia de construcción.
- El ACx incorpora la retroalimentación y finaliza los checklist para su distribución.

Una vez que los checklist han sido desarrollados y distribuidos a la constructora, el ACx, con el apoyo del ECx, verificaran que se estén cumpliendo a través de visitas periódicas a la obra.

5.8 Prueba de sistemas

Las pruebas de los sistemas toman lugar una vez completados los checklist constructivos. Primeramente, para verificar que los elementos cumplen con las especificaciones de proyecto. La segunda intención es de probar todos los elementos de un sistema como un todo es para evaluar que todos funcionan de manera integral para alcanzar los RDP. Para obtener resultados válidos de las pruebas funcionales, los sistemas y elementos deben estar verificados y operar apropiadamente.



5.8.1 Procedimientos de pruebas

Los procedimientos de las pruebas definen los métodos con los que las pruebas serán realizadas durante la Fase de Construcción y de Ocupación y Operaciones.

Los procedimientos de pruebas proveen lo siguiente (ASHRAE Guideline 0-2013 The Commissioning Process):

- Los participantes requeridos para las pruebas, que pudiera incluir al contratista, subcontratista, diseñadores, ACx, operadores, autoridad local que tenga jurisdicción y los fabricantes que estén asociados con el equipo, sistema o partida.
- Los prerrequisitos para el desempeño de las pruebas en términos de terminación de los sistemas y partidas y aceptación de otras actividades terminadas.
- Instrucciones paso a paso para ejecutar sistemas y partidas específicas que se encuentren bajo prueba.
- Lista de la instrumentación, herramientas y lo necesario requerido por la prueba. La lista debe indicar que participante es responsable por cada elemento listado. La lista debe especificar cómo manejarlo, marca, modelo, rango, capacidad, precisión, calibración y otros requerimientos pertinentes en el desempeño.
- Una indicación, para cada paso del procedimiento, que observaciones y mediciones deben ser registradas y el rango de aceptación de los resultados.

El ECx debe desarrollar un rango de procedimientos de verificación de pruebas. Estos procedimientos incluyen lo siguiente (ASHRAE Guideline 0-2013 The Commissioning Process):

- Componentes de los procedimientos de pruebas: verificar el desempeño de los componentes bajo un gran rango de acciones, respuestas de entradas y cargas.
- Procedimientos de sistemas/elementos: verificar el desempeño de los subsistemas, sistemas y elementos bajo un gran rango de condiciones (normal y emergencia), respuestas de las entradas y cargas.
- Procedimientos de intersistemas: verificar las interacciones entre sistemas y elementos.
- Procedimiento de pruebas de RDP: verificar que varios sistemas y partidas propician que el inmueble cumpla con los RDP al punto de su uso.



- Utilizar muestras de calidad para la verificación de cada prueba que esté relacionada con un RDP, las cuales son mencionadas en *el Anexo F: ejemplos de muestreo basados en la calidad.*

Para el desarrollo de los procedimientos de prueba hay que considerar en todo momento la validación de las garantías, por lo que se debe prestar especial atención a los detalles relacionados con la seguridad personal, equipamiento/elementos de protección y recomendaciones de los fabricantes.

5.8.2 Realización de pruebas

Durante la ejecución de las pruebas se requiere de la presencia de la persona asignada por parte del ECx para atestiguar el proceso y resultados de la misma, es importante que personal de operación y mantenimiento se encuentren entre los testigos en cada prueba. Sin embargo, dependiendo de la complejidad y del tipo de prueba, es posible solo presenciar una parte de ella, verificar la prueba mediante una muestra aleatoria de sus componentes y verificar los reportes de los resultados a través de una muestra aleatoria de los resultados registrados, no obstante, se debe cumplir con la presencia del ECx en las pruebas funcionales, operacionales y de intersistemas.

El cumplimiento de pruebas debe constar de lo siguiente (ASHRAE Guideline 0-2013 The Commissioning Process):

- Las pruebas deben ser realizadas de acuerdo a los procedimientos aprobados. Los resultados de desempeño de las pruebas deben ser registrados en formatos y ser atestiguados.
- De haber desviaciones en los procedimientos de las pruebas, si son permitidas, deben ser documentadas claramente.
- Los registros de los datos de las pruebas deben estar tomados bajo condiciones estables.
- Si un problema es observado durante una prueba, la misma debe ser terminada, de acuerdo a los alcances del contrato. El problema es reportado en el mismo momento de la prueba. Si el problema no puede ser resultado en un periodo de tiempo razonable, quizá sea necesario realizar la prueba de inmediato, en el entendido de que se tiene que realizar la prueba después de que se resuelvan todos los problemas.
- Si un problema es encontrado durante la revisión de los datos, deberá ser resuelto o la prueba deberá ser repetida completamente.



- Una vez completado las pruebas, el técnico que ejecuto las mismas y los testigos deben firmar los registros y formatos, atestiguando la veracidad de las observaciones registradas.

Generalmente, la secuencia de las actividades de las pruebas puede ser ejecutada en el orden siguiente (ASHRAE Guideline 0-2013 The Commissioning Process):

- La verificación de los checklist de la construcción comienza cuando los elementos y materiales son entregados en la obra y continúa a lo largo del arranque y prueba.
- Las pruebas de desempeño de los sistemas e intersistemas para cumplir con los RDP no pueden iniciar hasta que los checklist constructivos sean verificados y aceptados por el ECx.
- Otros requerimientos secuenciales, que dependen de un sistema específico, puede ser requerido asegurar las condiciones apropiadas o que se puedan crear.
- Una prueba específica puede ser realizada de acuerdo a los documentos contractuales o a los requerimientos del fabricante.

5.8.3 Almacenamiento de la información de las pruebas

Los resultados de las pruebas pueden ser almacenadas a través de fotografías, videos, formatos de pruebas y otros medios apropiados o que la misma prueba lo requiera. El objeto es plasmar la información de las pruebas, observaciones y mediciones.

La información mínima que debe ser incluida es la siguiente (ASHRAE Guideline 0-2013 The Commissioning Process):

- Número de prueba.
- Fecha y hora de la prueba.
- Indicar si la información es de prueba nueva o si es una reprobación debido a la corrección de un problema.
- Identificación del sistema, equipamiento o partida bajo prueba. Lista de la ubicación y la documentación asignada de la construcción.
- Condiciones en la que la prueba es realizada. Por ejemplo, cuando se esté realizando la prueba, describir completamente las condiciones ambientales, puntos de ajuste, anulaciones y condición del estado y operación de los



dispositivos, sistemas y equipamiento que puedan impactar en los resultados de la prueba.

- Desempeño esperado de los sistemas o partidas a cada paso de la prueba.
- Observar el desempeño del sistema, equipo o partida a cada paso de la prueba. Cuando se utilicen formatos de datos, generalmente los cuadros de verificación no corresponden adecuadamente con la descripción del desempeño del sistema, por lo que se deben evitar. Un espacio en blanco donde se puedan escribir las observaciones y mediciones del desempeño proporciona mayor información para diagnósticos y una futura línea base para el desempeño.
- Anotaciones para indicar que el desempeño observado a cada paso corresponde con los resultados esperados.
- Otras observaciones acerca del desempeño del sistema o procedimiento de prueba.
- Número de incidente, si lo hay, generado como resultado de la prueba.
- Firma y fecha de la persona que realizó la prueba y de los testigos, de haberlos.

5.9 Actualización del registro de incidentes

Así como en fases anteriores del proceso de Cx, a lo largo de la Fase de Construcción también es necesario tener registro de los incidentes y actividades fuera de lo planeado y que puedan provocar modificaciones en los RDP. Se deben atender y dar solución oportuna o realizar la modificación correspondiente y su impacto en otros elementos o sistemas.

Se pueden identificar registros con cumplimiento en la Fase de Ocupación y Operaciones, sin embargo, no se recomienda que sean ajenos a solo pruebas pendientes o estacionarias.

Además, se debe hacer el seguimiento de aquellos registros identificados en fases anteriores del proceso de Cx y cumplir con la solución correspondiente de tratarse en esta fase.



5.10 Actualizar MOE

Se debe verificar que el material generado en la Fase de Construcción sea incorporado en la actualización de los manuales de los sistemas.

El material que debe ser agregado debe ser (ASHRAE Guideline 0-2013 The Commissioning Process):

- Procedimiento de pruebas y registro de los resultados.
- Plan de entrenamientos.
- Registro de los entrenamientos.
- Registro de los planos.
- Revisión de los reportes enviados.
- Actualización de los RDP.
- Actualización de BDD.
- Actualización del PCx.
- Actualización del registro de incidentes.
- Reporte del progreso del Cx.

5.11 Entrenamiento

La mayor parte de los entrenamientos son realizados durante la Fase de Construcción. Algunos sistemas, sin embargo, requieren entrenamiento durante la Fase de Ocupación y Operación.

Los entrenamientos deberán ser realizados en los periodos de horas de trabajo del personal a entrenar, quizá sea necesario planificar sesiones de entrenamiento a diferentes grupos y tomar lista de asistencia de las mismas. La lista de asistencia debe ser usada para verificar que el entrenamiento fue tomado por las personas correctas.

El programa de los entrenamientos y duración de los mismos se tiene que realizar en coordinación con la contratista, el dueño, técnicos especializados y el ECx, en el *Anexo I: Manual de entrenamiento y necesidades de entrenamiento* se muestra cómo realizar y organizar los entrenamientos, así como cuáles se cumplen satisfactoriamente y en cuáles hay que realizar otra sesión para reforzar dudas y comentarios.

Así pues, hasta este punto, el ACx cuenta con el mayor conocimiento de los objetivos, los RDP y el funcionamiento completo de los sistemas con los que el inmueble



debe funcionar, por lo que es de gran importancia que presencie los entrenamientos clave y que con su conocimiento ayude al mejoramiento de las sesiones de entrenamiento. Además, es responsabilidad del ACx de mostrar al personal encargado de los entrenamientos la interrelación entre los diferentes sistemas y elementos de los mismos.

Es altamente recomendable que todos los entrenamientos sean grabados en video para que sirvan como entrenamiento para nuevos empleados en el futuro. Además, se debe considerar que estos archivos grabados, pueden funcionar como evidencia.

En un periodo razonable (alrededor de tres semanas) de cada programa de entrenamiento, entre el 5% y el 10% de los entrenados deben ser seleccionados aleatoriamente y probados o evaluarlos con material del programa específico de manera informal. Esto con la intención de verificar que fue entregada la información pertinente de la operación y mantenimiento del inmueble de acuerdo a los RDP a los entrenados, pero además si entre los seleccionados resultara que una parte del entrenamiento no fue claro, entonces se vería la necesidad de explicar nuevamente la sesión de entrenamiento o parte de ella.

Es común esperar que los aprendices no hayan memorizado toda la información de las sesiones de entrenamiento, pero si deben saber que información es, poder encontrarla y caminar a través de los pasos claves para la resolución de un problema y resolverlo.

El entrenamiento debe incluir lo siguiente (The Building Commissioning Guide; GSA Public Building Service):

- Paso a paso de los procedimientos normales día a día de la operación del inmueble.
- Instrucción de ajustes incluyendo la información los parámetros para el mantenimiento operacional.
- Procedimientos de solución de problemas incluyendo instrucción para diagnosticar problemas operativos.
- Procedimientos de mantenimiento e inspección.
- Incluir procedimientos para reparar, desarmar, retirar, reemplazar o reensamblar un elemento.
- Actualizar los documentos y bitácora de mantenimiento.
- Instrucciones de emergencia para operar el inmueble durante variadas condiciones no estándar de emergencia.
- Requerimientos clave de las garantías.



5.12 Reporte final de la Construcción

El reporte de la Fase de Construcción del Cx es la documentación del trabajo de comisionamiento y resultados alcanzados durante la Fase de Construcción. Debe contener lo siguiente (ASHRAE Guideline 0-2013 The Commissioning Process):

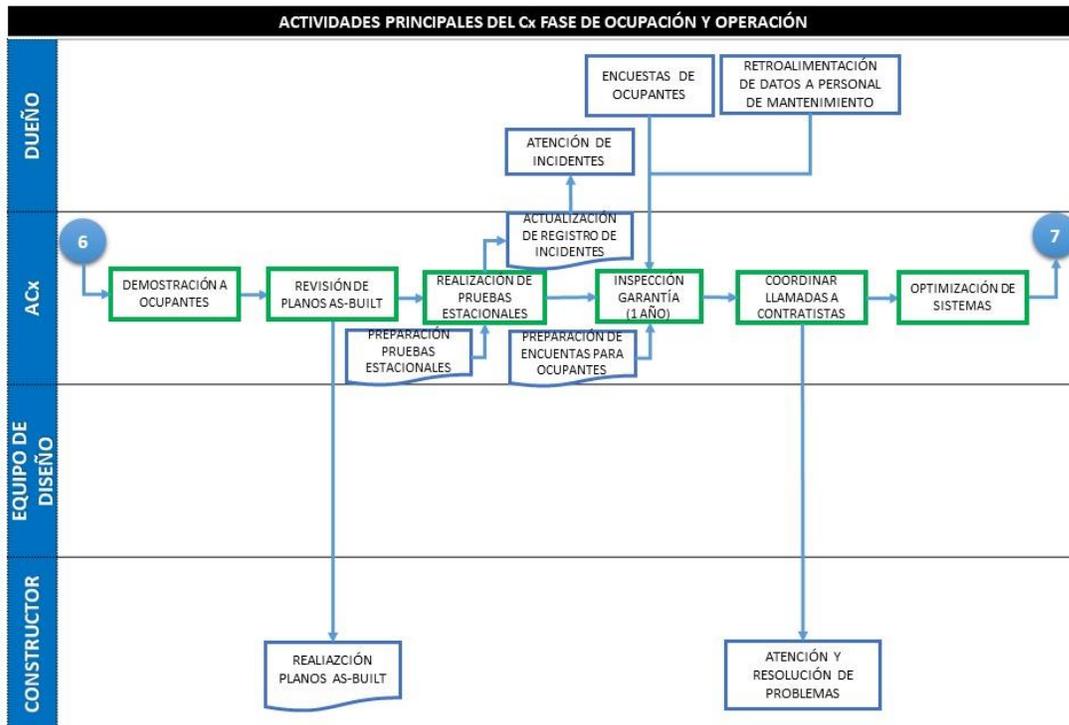
- Identificación de sistemas o partidas que no se desempeñen de acuerdo a los RDP. Por diferentes razones, el Dueño puede aceptar el desempeño obtenido, aunque tenga variaciones sobre los esperados en los RDP, ya sea de manera permanente o hasta que el programa y los costos permitan su corrección. Si el Dueño acepta estas condiciones, debe quedar documentado junto con el impacto financiero en el medio ambiente, salud, seguridad, confort, energía y operación y mantenimiento.
- Evaluación de las condiciones de la operación de los sistemas al momento de ser probados.
- Resumen del cumplimiento de los checklist constructivos.
- Los resultados del registro de incidentes deben incluir la descripción de los problemas y las medidas tomadas para su corrección. La descripción del problema debe evaluar y estimar el valor de su corrección en términos de impacto medio ambiental, mejoramiento de la salud, seguridad, confort, consumo de energía, costos de operación y mantenimiento y la habilidad del inmueble para apoyar su misión.
- Procedimientos de pruebas y registros. Esta sección debe incluir los archivos originales de las pruebas realizadas y formatos firmados, incluida la información de soporte como lo son fotografías, documentación electrónica y otros registros de las pruebas. También debe incluir la prueba aceptada final, así como las pruebas anteriores que fallaron en el cumplimiento de los criterios establecidos. Esta sección también debe incluir un set de formatos en blanco para futuros usos como el comisionamiento continuo.
- Reporte del progreso del Cx. Copias de los reportes del progreso generados a lo largo del Cx.
- Pruebas diferidas. Algunas de las pruebas son diferidas hasta que las cargas naturales sean aplicadas, como de los ocupantes o condiciones climáticas, de existir. Para estas pruebas diferidas, las condiciones de los prerrequisitos y un programa estimado para su cumplimiento deben ser incluidos.
- Lecciones aprendidas. Evaluación del Cx utilizado y los cambios para el mejoramiento del proyecto y las bases para el reporte final del Cx

desarrollado durante la Fase de Ocupación y Operación. Esto es esencial para asegurar que los problemas, beneficios y recomendaciones son escritas en un documento mientras que todos los miembros del equipo aún están disponibles y la información fresca.

Un borrador del reporte de la Fase de Construcción debe ser entregado al Dueño, primeramente, para su revisión. Y de ser conveniente, se entregaría una copia al resto del ECx.

El reporte final de la Fase de Construcción debe incorporar los comentarios del Dueño y opcionalmente, los comentarios de otros miembros del ECx.

CAPÍTULO 6. OCUPACIÓN Y OPERACIÓN



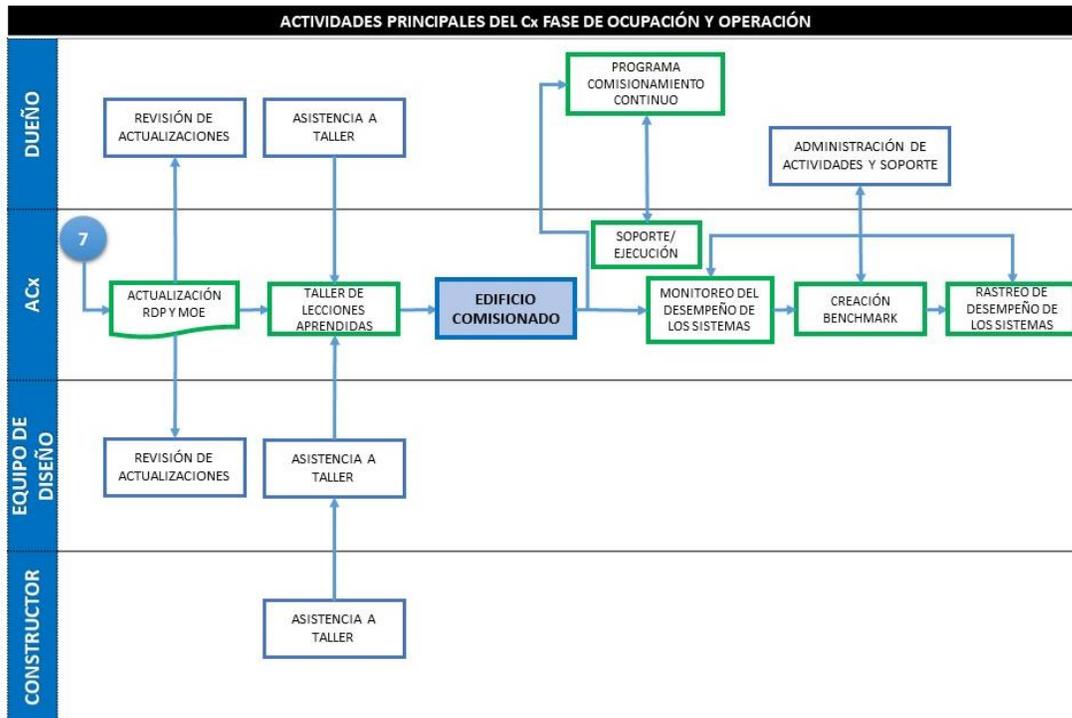


Fig. 18 Actividades a desarrollarse por los diferentes participantes del proceso de Cx en la Fase de Ocupación y Operación, según la norma NMX-C-506-ONNCE-2015 y la Building Commissioning Association, adaptaciones realizadas por el Autor.

La Fase de Ocupación y Operación del Cx inicia cuando la obra tenga un avance importante. Durante esta fase se realizan los ajustes, optimización y modificaciones necesarias de los sistemas y elementos para ser verificados con los RDP, en su versión final, además se complementa y organiza la documentación asociada con el Cx para su posterior entrega y archivo. Se recomienda que como mínimo el periodo de Ocupación y Operación sea igual a los tiempos contractuales de las garantías aplicables en el inmueble, para garantizar que los sistemas y elementos cumplan con las especificaciones con las que fueron diseñados, e idealmente se propone que este periodo se extienda a lo largo de la vida de operaciones del inmueble.

La activa participación del ACx y el ECx durante la fase inicial de la Fase de Ocupación y Operación es un aspecto integral del Cx en un proyecto.

Los objetivos de la Fase de Ocupación y Operación incluyen lo siguiente (ASHRAE Guideline 0-2013 The Commissioning Process):

- Utilizar los conocimientos y la experiencia del ACx para minimizar llamadas posteriores a los contratistas.



- Proporcionar orientación continua sobre la operación y mantenimiento para alcanzar los RDP.
- Completar las pruebas estacionales de los sistemas y elementos pendientes.
- Documentar las lecciones aprendidas de la aplicación del Cx para el siguiente proyecto.
- Actividades de aprobación de la Fase de Ocupación y Operación.

Si el Dueño adopta el Cx hasta la Fase de Ocupación y Operación, es decir que el inmueble se encuentra construido, entonces el término del proceso será llamado “retrocomisionamiento”, término que no se encuentra definido aún en nuestro país, pero que, sin embargo, por fuentes internacionales hago referencia al mismo.

NOTA DEL AUTOR: es en esta fase que se finalizan las comprobaciones de los desempeños de los RDP de todos los sistemas mediante pruebas. Se finalizan los entrenamientos y se entregan los MOE. Es de vital importancia que el personal de mantenimiento se encuentre capacitado y con las herramientas para poder operar y resolver contingencias por ellos mismos. Los usuarios empiezan a habitar el edificio y oficialmente se realiza la entrega del mismo. Se concluye el Cx realizando el taller de lecciones aprendidas y actualizando el registro de incidentes, documentación competente al diseño y construcción del edificio, tales como RDP, BDD y As-Built. Pero no todo acaba ahí, el Cx tiene previsto realizar algo que llama Comisionamiento Continuo, con él se propone mantener el funcionamiento y desempeños de los sistemas de manera óptima a lo largo de la vida del edificio o incluso realizar actualizaciones para la mejora de los mismos. Sobre mencionar que si los sistemas y elementos funcionan correctamente los consumos y gastos se mantienen en el umbral de lo conocido.

6.1 Responsabilidades durante la Fase de Ocupación y Operación

Es en esta fase que se puede empezar a verificar que el desempeño de los sistemas cumple con los requeridos en los RDP.

El ECx, integrado principalmente por el representante del Dueño, el ACx, diseñadores, contratista y construcción/programa/gerente de proyecto, son los que realizarán las verificaciones de cumplimiento y aceptación de los sistemas e intersistemas probados y arrancados en esta fase y a finales de la fase anterior, la Construcción.

Las responsabilidades del ECx durante la Fase de Ocupación y Operación incluyen las siguientes (ASHRAE Guideline 0-2013 The Commissioning Process):



- Coordinar las llamadas posteriores a la constructora. El ACx debe apoyar en la coordinación de las llamadas posteriores a los contratistas durante la Fase de Ocupación y Operación. Ya que el ACx está involucrado desde la Fase de Pre-Diseño, él/ella tiene la habilidad de identificar qué contratista se debe contactar para resolver un problema.
- Verificar las pruebas estacionales de los sistemas y partidas del inmueble. Verificación del desempeño de todos los sistemas y partidas que hayan sido comisionadas y probadas en la Fase de Construcción. Sin embargo, ciertas condiciones climáticas, condiciones de carga o interacciones de los ocupantes son necesarias para completar algunas de las actividades de verificación. Estas verificaciones diferidas deben ser conducidas en un momento apropiado y bajo condiciones apropiadas, tan pronto sea posible después de la ocupación.
- Verificar el entrenamiento continuo del personal de operaciones y mantenimiento. Entrenamiento básico de los sistemas y partidas del inmueble al personal de operación y mantenimiento del Dueño si la ocupación ocurre temprano en la Fase de Construcción del proyecto. Algunos entrenamientos, sin embargo, es más probable que sean pospuestos hasta que el Dueño asuma la responsabilidad del inmueble. Estos entrenamientos deben estar definidos en el PCx y los documentos de los contratistas.
- Verificar que la operación de los sistemas y partidas cumplen con los RDP.
- Verificar la actualización continua de los manuales de los sistemas. Los manuales de los sistemas deben ser actualizados como modificaciones hayan sido realizadas al inmueble a lo largo de la Fase de Ocupación y Operación. Esto incluye actualizar los RDP para reflejar las condiciones y necesidades existentes y actualizar las BDD para reflejar los cambios realizados a los sistemas y partidas.
- Verificar y realizar evaluaciones periódicas del desempeño de los sistemas y elementos del edificio. Sistemas y equipos dinámicos, así como sistemas estáticos, ensamblajes y componentes, tenderá a migrar de sus condiciones de instalación a lo largo del tiempo. Adicionalmente, las necesidades y las demandas de los usuarios y los procesos usualmente cambian cuando se usa el edificio. Para lograr el desempeño óptimo de los sistemas del edificio, la verificación periódica de los sistemas, partidas y condiciones de los elementos y operación es esencial. Los manuales de los sistemas proveen las herramientas y benchmarks para la evaluación actual del desempeño de los



sistemas. Estas verificaciones periódicas son regularmente mejor realizadas en el contexto del comisionamiento continuo.

- Taller de lecciones aprendidas.
- Completar con el reporte final del Cx.

El reporte final del proyecto es completado durante esta fase del Cx. Contenido no agregado o incompleto al final de la Fase de Construcción será completado durante esta fase.

El proyecto final del manual de los sistemas será completado en esta fase.

6.2 Pruebas estacionales

Una vez realizada la entrega recepción de los sistemas, se procede con las pruebas estacionales, en las que los sistemas serán puestos a prueba bajo el funcionamiento normal del inmueble. Esta evaluación se deberá completar durante los primeros 10 meses o antes del periodo de vencimiento de las garantías aplicadas, lo que suceda primero. Es recomendable, de encontrarse en el periodo de garantías, que los sistemas en los que se tenga previsto que su funcionamiento pueda ser afectado en alguna época del año (debido al clima, por ejemplo), se evalúen en la estación correspondiente para obtener datos confiables de su desempeño.

De estas pruebas se obtienen datos del desempeño real del inmueble, pudiendo revisar el cumplimiento de los RDP buscados, o en su caso, de presentarse alguna anomalía o surgiera un problema en el desempeño o funcionamiento de un sistema, realizar las correcciones necesarias.

Pero, además, debido a diferentes circunstancias, pudiera ser que algunas pruebas no se pudieran realizar debido a condiciones externas, por ejemplo comprobar las condiciones térmicas de los muros y ventanas durante el clima extremo y estar en otra estación del año, por lo que se pospone y se realizan como parte de las pruebas estacionales. Lo que se busca es obtener datos confiables del desempeño real de los sistemas, siempre que sea posible y que la información que se tenga sea inconclusa.

Por otro lado, también se puede presentar la situación de que algunas pruebas no se pudieran realizar durante la Fase de Construcción, debido a que el elemento o sistema no se encuentra completado en su totalidad, condiciones inapropiadas para la prueba o incidentes o situaciones localizadas en esta fase. Cual sea el caso, deberá ser asentado en el Registro de Incidentes.



De manera adicional y como sugerencia, se recomienda además dar un periodo de prueba a los ocupantes para que ellos den sus comentarios con respecto a los ajustes que se tienen con los sistemas instalados en el inmueble, con la finalidad de realizar nuevos ajustes de ser necesario o confirmar que los existentes son los adecuados, al final, los usuarios son los que van a estar más tiempo en el inmueble y es esencial que ellos se encuentren cómodos para realizar las actividades que requieren desempeñar.

6.3 Inspección del desempeño antes del final del periodo de garantías

Durante el primer año de operaciones del inmueble, o durante el periodo de garantía, los sistemas son constantemente revisados por el ACx, el Dueño y la constructora para verificar que el desempeño es el adecuado a lo largo del tiempo e identificar piezas dañadas o que necesiten reparación y realizar el cambio durante este periodo. Primeramente, se revisan todos los elementos sujetos a una garantía y después se procede con el cumplimiento de los RDP. Este análisis puede arrojar las posibles incongruencias entre el desempeño esperado en los RDP y el desempeño real, indicando posibles modificaciones en el sistema evaluado. Al final el ACx registra los resultados y da sus recomendaciones para su solución.

Las actualizaciones de los sistemas, modificaciones, recalibraciones y cambios en la operación de un sistema, que deben estar bien documentado en los MOE, son la razón para realizar las actualizaciones y atención continua a los programas de mantenimiento, entrenamiento al personal de mantenimiento y la familiarización de los ocupantes con el inmueble durante el periodo de garantías.

6.4 Documentación de recomendaciones y desempeño óptimo

Adjunto con la documentación de los resultados de las pruebas de todos los sistemas y de su funcionamiento en conjunto en cumplimiento de los RDP buscados a lo largo del Cx, el ECx, ACx u otro especialista en particular pueden realizar una serie de recomendaciones adicionales para el óptimo desempeño y manejo de un elemento o sistema.

Estas recomendaciones van ligadas a la experiencia y conocimiento de los especialistas que las proponen, pensadas para que los sistemas perduren a través del



tiempo, no solo en buen estado físico, sino en el desempeño deseado y con el que fueron diseñados.

Es posible poder determinar estrategias y procedimientos a través de experiencias pasadas, obteniendo que funcione de mejor manera un elemento o sistema en particular con respecto a como se explica en los manuales de operación y mantenimiento. Es ahí donde se puede introducir una recomendación que mejora el funcionamiento de un elemento o sistema.

Es importante tener en cuenta que el Cx busca que la interrelación de los sistemas sea la más óptima, temprano en el Cx, las decisiones fueron tomadas al respecto por el ACx y especialistas con el conocimiento y experiencia necesarios para elegir la mejor. De este conjunto de conocimientos surge una interacción vívida al formar los sistemas, los cuales de considerarse de manera individual tendrían un funcionamiento y desempeño en particular, pero al ser parte de un sistema más complejo su desempeño se ve afectado por mas variables e incluso su funcionamiento puede ser modificado. Al tener tantas particularidades es preciso que se detallen las recomendaciones de uso específico de un sistema y su interrelación con otros, ya que claro en este caso los manuales de operación y mantenimiento correspondiente de manera individual no cumplirían con los objetivos de funcionamiento, interacción con otros sistemas y desempeño reales.

Adicional a lo anterior, es necesario dejar en claro las actividades y recomendaciones a realizar por el personal de operación y mantenimiento del inmueble, no solo para que se cumplan los objetivos en el desempeño de acuerdo a los RDP, sino que al realizar pequeñas tareas puedan mejorar los desempeños establecidos, de ser posible.

6.5 Actualización del registro de incidentes

Hasta este punto el Registro de incidentes se encuentra actualizado con los incidentes identificados hasta la Fase de Construcción, muchos de los cuales trascienden a la Fase de Ocupación y Operación. Tales son los incidentes en los que su corrección no fuera posible concluir en la Fase de Construcción por diferentes circunstancias y la complejidad del sistema en cuestión.

En complemento con este registro, también se identifican los incidentes que pudieran ocasionar modificaciones en los RDP durante esta fase. Se realiza el análisis ya descrito en la sección 3.4 de este documento y se proponen las opciones que darán solución



al problema. La solución tiene que ser revisada, realizada y ser probada en esta fase necesariamente para cumplir con la entrega recepción del inmueble debidamente.

Una vez concluidos y completados todos los incidentes identificados a lo largo del proceso de Cx, se cierra el Registro de incidentes con la aprobación del ACx y la aceptación del Dueño. Este documento es entregado a lado del resto de documentación entregada al responsable del inmueble.

6.6 Lecciones aprendidas

Al final del proceso de Cx, antes de la recepción del inmueble, se convoca a un taller de lecciones aprendidas a todo el ECx. Se discuten las situaciones en las que se tomaron las decisiones de mayor importancia a lo largo del proceso de Cx, muchas de las cuales involucraban el conocimiento conjunto de dos o más miembros del ECx y especialistas, cómo fue la interacción entre los participantes y qué fue lo que los llevó a elegir, modificar o eliminar incluso un RDP.

Pero no solo se discute sobre las estrategias de toma de decisiones realizada a lo largo del proceso de Cx, también se realiza una autoevaluación de los miembros del ECx, incluyendo sobre todo al ACx, de su actitud al motivar a los equipos bajo su tutela para el cumplimiento de los RDP, BDD, de las actividades en tiempo y forma de acuerdo al PCx y a sus respectivos programas de obra, tal como los mismos miembros del ECx, contratistas, subcontratistas, especialistas de cada área, entre otros. En esta autoevaluación que pueden obtener sus fuerzas y debilidades y es en grupo, que de manera crítica, se discute el cómo realizar mejorías al respecto o fortalecer aquellas virtudes útiles y aprender mutuamente.

Este taller de lecciones aprendidas tiene al final el objeto de identificar los casos en los que se pudo haber tomado una mejor decisión o en los que se pudo haber realizado algo mejor, y con ello realizar propuestas correctivas para casos futuros.

Como se puede notar, el proceso de Cx por naturaleza busca mejorarse así mismo de proyecto en proyecto.



6.7 Reporte final del proceso completo

Una vez que todos los sistemas se encuentren probados y que a lo largo del periodo de garantía se determine que se cumple con el desempeño y los RDP buscados, se procede con el reporte final del proceso de Cx elaborado por el ACx.

En este documento se debe establecer claramente que sistemas cumplen con los requerimientos y el desempeño intencionado en los RDP, cuáles superaron las expectativas buscadas y cuáles no alcanzaron el desempeño deseado, anexando las razones del porqué. Asimismo, se anexa la documentación correspondiente a los BDD actualizados.

Haciendo uso del Registro de incidentes y checklist, se agrega un resumen señalando las actividades y decisiones principales que propiciaron una modificación, adición y eliminación de un RDP así como su relación con el desempeño último de cada sistema.

Una sección de este documento se dedica a la lista de los problemas que se detectaron y fueron resueltos en las pruebas estacionales y durante el periodo de garantía, a su vez se hace una descripción de aquellos que no fueron resueltos, el motivo por el cual no se resolvió y las recomendaciones para su solución.

Es en este documento que se anexa la documentación referente a los reportes y resultados de pruebas realizados en las pruebas estacionales y el periodo de garantía, así como la documentación de entrenamiento adicional realizado en las instalaciones del inmueble en el mismo periodo.

Es necesario que en este documento se anexe la información mencionada como mínimo, la cual, al estar claramente documentada podrá ser utilizada como referencia de benchmark para futuras modificaciones o actualizaciones del mismo inmueble.

Además, es en este documento que se pueden agregar recomendaciones para el correcto y mejor funcionamiento de los sistemas integrados en el inmueble, de manera adicional y a consideración de los hallazgos encontrados a lo largo del proceso de Cx por parte del ECx, personal de mantenimiento o incluso por parte de los ocupantes.

Cabe mencionar que para este punto en el proceso de Cx, el ACx debe asegurarse que los planos As-Built han sido completados y anexados en los MOE.



6.8 Recepción del inmueble

Al tener concluido el reporte final del proceso completo de Cx, ya se puede decir con seguridad que el inmueble funciona y cumple con las características deseadas por el Dueño y sus ocupantes a través de los RDP, todas y cada parte que lo compone se encuentra terminada y funcionando al 100%. La documentación recolectada a lo largo de este proceso, funcionamiento y desempeño de todos los sistemas, ya se encuentra ordenada y lista para ser entregada al personal de mantenimiento del inmueble. Todas las inquietudes y solicitudes de ajustes han sido concluidas, documentadas y anexadas al paquete final de entregables.

Es en este preciso momento que se realiza el protocolo de entrega-recepción del inmueble al Dueño y personal de operación y mantenimiento.

Se cuenta con la presencia de todo el ECx, de ser posible, el ACx, Dueño o su representante, contratista y personal de operación y mantenimiento, en esta ceremonia se realiza la entrega de toda la documentación ya mencionada, se realiza un pequeño recorrido por el inmueble y como símbolo de aceptación y regocijo por todo el trabajo realizado a lo largo de este proceso se felicita a todos los involucrados.

6.9 Comisionamiento continuo

Este es un documento posterior al PCx, pero similar en estructura al mismo.

El comisionamiento continuo tiene las siguientes actividades clave (ASHRAE Guideline 0-2013 The Commissioning Process):

- Actualizar los RDP para reflejar los cambios durante el uso y la operación del inmueble.
- Actualizar las BDD para reflejar los cambios en sistemas o elementos debido a renovaciones o como reacción a cambios en los RDP.
- Evaluaciones periódicas de cumplimiento de los RDP contra benchmarks posteriores de pruebas apropiadas.
- Actualización de los MOE para reflejar las modificaciones de los RDP, BDD y sistemas/elementos.
- Entrenamiento continuo del personal de operación y mantenimiento y ocupantes de las actualizaciones de los RDP y BDD y cambios en los sistemas y elementos.



Se recomienda realizar revisiones completas de los sistemas por el ACx cada 5 años con el objeto de verificar que el funcionamiento del edificio es el esperado. Con el uso de los benchmarks almacenados posteriormente se compara con los datos actuales constatando que el desempeño cumpla satisfactoriamente, de lo contrario, se realizan las revisiones de los sistemas para identificar, corregir, actualizar y dar mantenimiento a los elementos que se encuentran con un rendimiento menor al deseado.

Hay que subrayar el hecho de que en estas revisiones del comisionamiento continuo a lo largo de la vida del edificio, se pueden tener modificaciones y actualizaciones de equipos para mejorar el desempeño de los sistemas, es por esta razón que es de vital importancia que se realice el monitoreo adecuado, uso del edificio virtual con la herramienta BIM, revisiones periódicas por parte del personal de mantenimiento, actualizaciones de la documentación inherente al edificio y poner en acción las recomendaciones del ACx para la pronta identificación y mejoramiento de los sistemas.

CAPÍTULO 7. ESTUDIOS Y RESULTADOS OBTENIDOS POR DIFERENTES AGENCIAS ESTADOUNIDENSES SOBRE COMISIONAMIENTO, RESULTADOS DE CASOS DE ESTUDIO EN ESTADOS UNIDOS DE AMÉRICA Y PRONÓSTICO DEL COMISIONAMIENTO EN EL PAÍS.

Desde que se tiene un mayor conocimiento y control del proceso de construcción de una edificación, se han ido mejorando los métodos y procedimientos para el éxito de cada edificio. Sin embargo, aún se tenían deficiencias que fueron siendo cada vez más notables mientras más complejo e inteligente se volvía un edificio. Esta fue la razón que dio vida al comisionamiento.

Como se ha expuesto hasta este momento, el comisionamiento tiene como principal objetivo que un edificio funcione de acuerdo a las características con que fue diseñado y que su desempeño sea el deseado a lo largo de su vida.

Diferentes agencias estadounidenses sin fines de lucro han realizado estudios con respecto al costo-beneficio de implementar el comisionamiento a la construcción de un edificio, además de los ahorros de energía potenciales que se pueden tener resultado de la implementación del comisionamiento.

Las principales agencias que fueron consultadas son: *Portland Energy Conservation, Inc.* (PECI), *U.S. General Services Administration* (GSA), *American Society of Heating, Refrigeration, and Air-Conditioning Engineers* (ASHRAE), *Building Commissioning*



Association (BCxA), National Institute of Building Sciences (NIBS), U.S. Department of Energy, U.S. Green Building Council.

De manera general se han encontrado una variedad de beneficios en los que coinciden dichas agencias de la implementación del comisionamiento incluyendo los siguientes:

- Mejoramiento de la productividad de los ocupantes del edificio.
- Disminución de facturas de servicios públicos a través del ahorro de energía.
- Aumento de la satisfacción del dueño y los ocupantes.
- Mejora de las condiciones ambientales/de salud y comodidad de los ocupantes.
- Mejoramiento de las funciones de los sistemas y equipo.
- Mejoramiento de la operación y mantenimiento del edificio.
- Aumento de la seguridad de los ocupantes.
- Mejora de la documentación del edificio.
- Periodos de transición de ocupación reducidos.
- Extensión significativa de los ciclos de vida de los equipos/sistemas.

NOTA DEL AUTOR: si bien ya he mencionado con anterioridad, hago hincapié en mencionar que debido a la poca o nula información pública existente en el país relacionada con el costo-beneficio, ahorros y costos que implica la implementación del proceso de Cx, me veo en la necesidad de tomar una referencia extranjera de los estudios y análisis que se han realizado por diferentes dependencias, en este caso de los Estados Unidos.

7.1 Estudios de costo-beneficio del comisionamiento realizados por *Portland Energy Conservation, Inc. (PECI)* y presentados por *General Services Administration (GSA)*

Tal como se muestra en la sección 3.2 Factibilidad del Comisionamiento; de acuerdo con el *U.S. Department of Energy's Rebuild American Program*, escrito por *Portland Energy Conservation, Inc. (PECI)*, el costo total del proceso de Cx por los servicios del ACx pueden estar en un rango de 0.5% al 1.5% del costo total de la construcción. La *National Association of State Facilities Administrators (NASFA)*, recomiendan costos que van del 1.25% al 2.25% del costo total de la construcción para el servicio completo del Cx, según datos publicados por *The building commissioning guide 2005* de la *U.S. General Services Administration*.

A la par la *U.S. General Services Administration* calcula que en la práctica el costo aproximado del Cx representa aproximadamente el 0.5% del costo total en edificios gubernamentales, de 0.8% al 1% en proyectos más complejos como Juzgados y mayores al 1% en edificios aún más complejos como lo son los laboratorios. Los factores que influyen para determinar el costo del Cx dependen del tipo de instalaciones, operaciones 24/7, la profundidad y amplitud del servicio del Cx, el nivel de Cx deseado y los sistemas y partidas elegidas para ser comisionadas. (*The building commissioning guide 2005. U.S. General Services Administration*).

Los costos mencionados en los párrafos anteriores solamente cubren los costos por el ACx. Hay otros costos que se tienen que considerar también, como lo es el gerente de proyecto, constructor, personal de mantenimiento, por mencionar los más importantes. El perfil de costos variara dependiendo de los roles y responsabilidades elegidas. Para un estimado detallado de estos costos, es necesario realizar un esfuerzo para localizar el nivel de desempeño de acuerdo a los requerimientos del proyecto. (*The building commissioning guide 2005. U.S. General Services Administration*).

A manera de benchmark *Portland Energy Conservation, Inc, (PECI)* publicó la siguiente gráfica mostrando los costos del Comisionamiento por tipo de edificio.

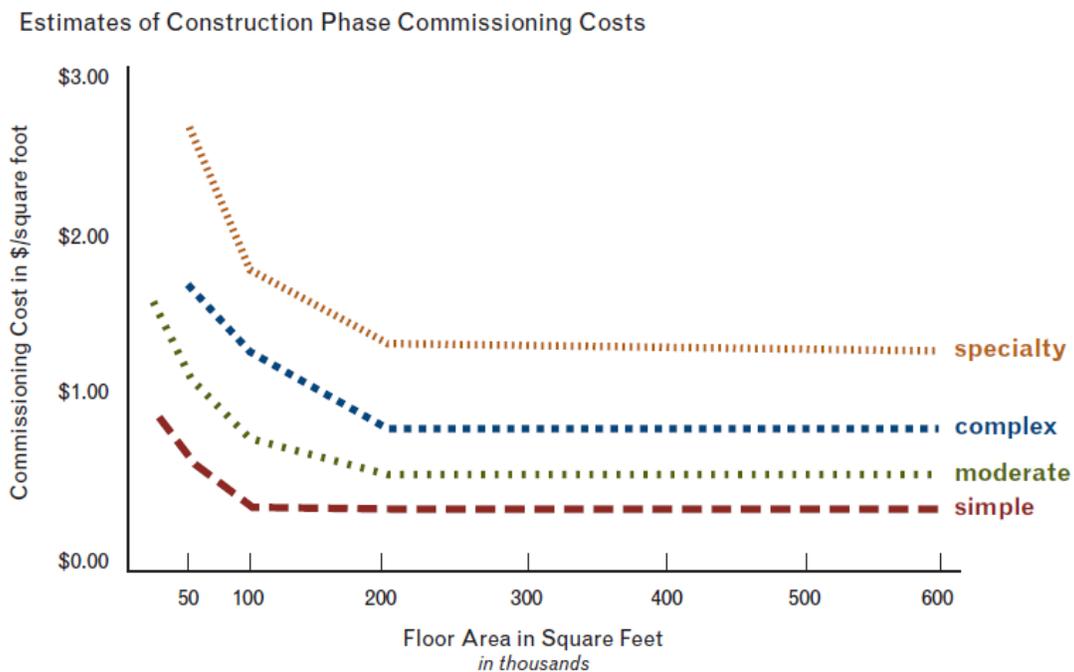


Fig. 19 Gráfica de costo de Comisionamiento por tipo de edificio, Portland Energy Conservation, Inc, (PECI).

El eje de las 'Y' indica el Costo del Comisionamiento en dólar/pie cuadrado, el eje de las 'X' indica el Área del edificio en pies cuadrados en miles.



Los niveles de complejidad de un edificio tal como están indicados en la gráfica se clasifican de la siguiente manera de acuerdo al *Portland Energy Conservation, Inc, (PECI)*:

- **Especialidad**: edificios muy complejos – laboratorios, centros de control de misiones, etc.
- **Complejos**: moderado con la mayoría de los sistemas utilizados complejos (hospitales, laboratorios, cuartos de operación, cuartos de limpieza, campanas de humos y otros sistemas que no son HVAC son comisionados como calidad eléctrica, transformadores, seguridad, comunicaciones, etc. Requerimientos de transporte y alto costo de vida de cierta locación puede incrementar los costos).
- **Moderado**: oficinas más complejas, aulas de clase con laboratorios, automatización de edificios, con más estrategias de control, menos equipos de paquete; mas sistemas (contra incendio, energía de emergencia, etc.).
- **Simple**: edificios de oficina, aulas de clase, equipo y control de paquete; sistemas comunes, menor número de piezas de equipos.

Así por ejemplo, si tenemos un edificio simple de 200,000.00 pies² (18,580.61 m²) el costo del Cx puede ser de alrededor de \$0.40dII/pie² (\$80.86 MX/m²), resultando en un costo total del Cx de \$80,000.00dII (\$1'502,428.13MX), que por el área de construcción bien puede representar menos del 1% del valor total de la construcción en nuestro país.¹

Otros estudios realizados respecto al costo-beneficio del Comisionamiento por *Portland Energy Conservation, Inc, (PECI)*, indican que el costo promedio de la operación de un edificio comisionado se encuentra en un rango de 8% a 20% por debajo de un edificio que no tuvo este proceso. La Building Owners and Managers Association International (BOMA), sugiere que los costos de un edificio de oficinas que llevó el proceso de Comisionamiento puede resultar en ahorros de energía del 20% al 50% y ahorros en el mantenimiento del 15% al 35%. (*The building commissioning guide 2005. U.S. General Services Administration*).

Más allá de la eficiencia en la operación, los edificios que fueron comisionados exitosamente han sido relacionados a una reducción en las quejas de sus ocupantes e incluso un aumento en la productividad. La siguiente gráfica es un ejemplo que demuestra el impacto financiero del incremento de la productividad de los ocupantes.

**Average Annual Commercial Expenditure
 in \$ per square foot**

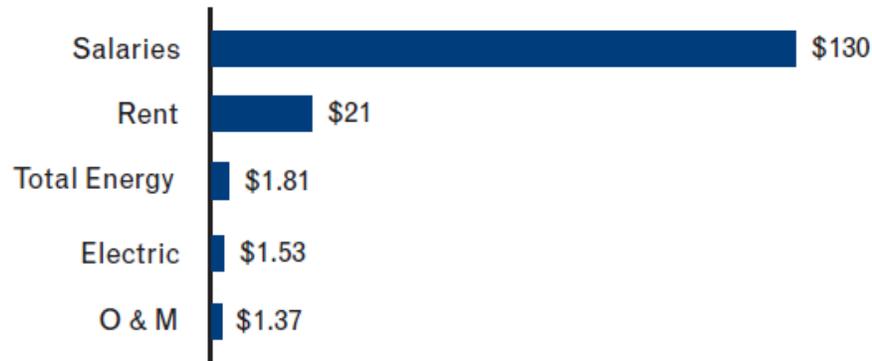


Fig. 20 Gasto comercial promedio anual, dólar/pie cuadrado, Building Owners and Managers Association; Electric Power Research Institute; Statistical Abstract of the United States.

¹ Valor de conversión de dólar a peso mexicano tomado como promedio del mes de noviembre de 2017, con un valor de \$18.80 MX por cada dólar.

Esta gráfica ilustra que los salarios dominan el gasto promedio anual al compararse con otros costos de operación tal como las operaciones del edificio o costos de renta. Para un edificio estándar de oficinas de 250,000 pies cuadrados (23,225 m²), hay aproximadamente 1500 ocupantes con un salario promedio de \$40,000 dli (\$752,000.00 MX) cada uno (tomado del US Census Bureau March 2002). Esto equivale a \$78 millones de dólares al año (1,466 millones de pesos) en gastos salariales incluyendo beneficios de empleado. Analizando los ahorros de costos potenciales, un 10-20% de aumento en la productividad puede significar ahorros de \$8-16 millones de dólares cada año (150 – 300 millones de pesos) (*The building commissioning guide 2005. U.S. General Services Administration*).

7.2 Resultados de casos de estudio realizados con Comisionamiento a través de *BetterBricks: Bottom line thinking on energy.*

NOTA DEL AUTOR: Primeramente, les voy a dar una reseña de ¿qué es BetterBricks?, ¿a qué se dedican? Y el ¿Por qué elegí los casos de estudio que muestro en esta sección?

BetterBricks es un recurso comercial de Northwest Energy Efficiency Alliance (NEEA) (Alianza de Eficiencia Energética del Noroeste), la cual provee recursos y soporte para



aquellos que diseñan, construyen, administran y operan edificios comerciales. BetterBricks forma parte de las empresas públicas del Noroeste que promueven la adopción y aceleración de las mejores prácticas de eficiencia energética al preparar y equipar a los profesionistas de la construcción con el conocimiento y habilidades que requieren para incorporar la eficiencia energética en sus prácticas comerciales y aumentar su competitividad en el mercado.

En BetterBricks se realizan estudios de eficiencia energética de casos reales de edificios nuevos o existentes a lo largo de los Estados Unidos de América. Se tiene que pertenecer como miembro para solicitar se realice el estudio de un edificio en particular. Una vez ingresado los datos del edificio, se sigue una serie de acciones recomendadas por BetterBricks para obtener el mejor resultado posible. Dentro de este proceso se obtienen diversos beneficios a la par, además de eficiencia y ahorro energético, tal como el aumento del valor de la propiedad como activo, reducción de riesgos potenciales, reducción de gastos de operación y mantenimiento, aumento del atractivo a ocupantes potenciales, por mencionar algunos.

El proceso recomendado por BetterBricks consiste en lo siguiente:

1. **Evaluar:** realizar una evaluación completa de las operaciones del edificio, y de cómo las decisiones y prácticas diarias afectan el desempeño. Estudie los vínculos entre la energía y el éxito de la organización, y encuentra la forma de tener éxito en ambos.
2. **Compromiso:** de abajo a arriba piense en la administración de la energía como un activo a utilizar, una oportunidad de negocio sin explotar. Convenza a otros y proponga metas ambiciosas para el mejoramiento del desempeño.
3. **Plan:** reúna a su equipo. Realizar un benchmark del desempeño del edificio, considerando las necesidades de los ocupantes, tendencias operacionales, y enfocarse en áreas que pudieran ser prometedoras de mejoras. Después, realizar la estrategia, identificando las prioridades de alto impacto contra los esfuerzos individuales.
4. **Implementación:** poner el plan en acción. Usar los estándares de diseño de obra/construcción nueva. Iniciar con puestas a punto y ejecutar un programa de mejoramiento de la operación y mantenimiento. Empezar a realizar los contratos y compras con la eficiencia energética en mente. Optimizar la relación entre rentas y energía, mejorar los proyectos por parte de los ocupantes e incentivarlos de acuerdo a su desempeño. Reexaminar de acuerdo a la diligencia y criterios de adquisición constructivos, cerrando el círculo entre ingeniería y finanzas.
5. **Capitalización:** negociar desde una posición fuerte y capturar el valor adicional de las transacciones en el mercado. Construye tu marca, sigue su trayectoria y publica su éxito. Premia al equipo y desarrolla un radar organizacional para encontrar la siguiente gran oportunidad.



No hay que perder de vista qué es lo que caracteriza un alto desempeño en los edificios como objetivos de este proceso de mejoras:

- Reducción en el consumo de energía, visto como el núcleo de la estrategia de negocio.
- Las transacciones son realizadas con una imagen completa de las oportunidades de eficiencia energética:
 - Informes de decisiones tomadas del análisis de costo de ciclo de vida.
 - Los costos y beneficios son localizados entre los dueños del edificio y los ocupantes.
- Los códigos de energía del edificio son vistos como el piso, no el techo.
- El personal de mantenimiento es reconocido por alcanzar o superar las metas energéticas.
- Las actividades de comercialización y arrendamiento aprovechan la eficiencia energética para obtener mejores ganancias.

Se presentarán tres casos de estudio diferentes entre ellos obtenidos a través de BetterBricks. Una corte de justicia en Ada Boise, Idaho, la cual realizo el proceso de comisionamiento, un edificio de oficinas pertenecientes al banco Banner en Boise, Idaho, que obtuvo la certificación LEED Platino y realizo el comisionamiento como requisito de la certificación y un edificio de uso mixto oficinas-comercial ubicado en Seattle, Washington que obtuvo la certificación LEED Core and Shell Plateado, certificación LEED oro de interiores y además este proyecto es el ancla piloto para el programa Neighborhood LEED o LEED Comunidad.

Como se puede notar, dos de los proyectos que se van a mostrar obtuvieron una certificación LEED, la cual tiene como pre-requisito realizar el comisionamiento, indicando que de manera obligatoria se tiene que realizar el comisionamiento si se busca dicha certificación. En los E.U.A. se ha vuelto primordial que todos los edificios nuevos obtengan esta certificación, por lo que actualmente todos realizan el proceso de la certificación y del comisionamiento, por lo mismo ya se conoce al comisionamiento como un “Business as usual”.

Un punto importante a resaltar es que la certificación LEED hace uso del comisionamiento por una importante razón; son muchos los objetivos/metast para obtener los puntos que requiere LEED y la mejor forma para obtenerlos sin desviaciones y garantizando que van a funcionar de acuerdo a lo requerido es haciendo uso del proceso de comisionamiento.

Caso de estudio 1: Corte de justicia Ada, BetterBricks.



Ada County Courthouse. Boise, ID.

Fig. 21 Corte de justicia Ada, Boise, Idaho. BetterBricks.

La corte de justicia de Ada afrontó una difícil decisión al darse cuenta que se tenía un edificio de 60 años con varios problemas, tal como problemas en el código de seguridad, sistemas de calefacción y enfriamiento inadecuados, un sistema eléctrico desactualizado y en general un abismo entre las necesidades de la corte y lo que se tenía.

Así que se realizó una votación a favor de la nueva construcción de la corte de justicia. La nueva construcción de 330,000 pies² (30,658m²) dio inicio en el año 2000. La ocupación del edificio multiuso que contiene salas de juzgados, salas de audiencia y asamblea, áreas de seguridad, espacios de administración, así como tiendas y estacionamiento subterráneo fue en enero de 2002.

Para garantizar que el nuevo edificio cumpliría con las futuras necesidades, los oficiales de Ada decidieron utilizar el proceso de comisionamiento tanto para el aseguramiento de las medidas de calidad y para mantener el proyecto dentro del programa.

El comisionamiento de la corte de justicia de Ada siguió un curso común que revela la adaptabilidad y el valor del proceso. Sin embargo, Ada decidió comisionar el proyecto en una etapa tardía de la Fase de Diseño, por lo que la documentación del diseño apenas fue completada, el ACx y la firma de diseñadores del proyecto trabajaron juntos para acomodar los requerimientos del Cx.

Un plan de coordinación del Cx fue desarrollado para especificar las responsabilidades de cada equipo de trabajo. El personal de mantenimiento de la corte de justicia jugó un rol principal en el ECx y tomaron muchas de las responsabilidades del Cx

que les correspondían a los contratistas. El ACx además desarrolló e integró un plan de entrenamiento para el personal de mantenimiento que incluía objetivos específicos de entrenamiento y elementos clave para cada pieza de los equipos.

Además del proceso de Cx y su culminación, Ada se dio cuenta de los beneficios extendidos del proceso de Cx más allá de ahorros en costos. El Cx provee a Ada con un programa de entrenamiento para la operación y mantenimiento al personal de mantenimiento y además asegura que el edificio es concluido con éxito y completamente funcional a tiempo.



Fig. 22 Datos rápidos del Comisionamiento. BetterBricks.

En la Fig. de arriba se puede observar que el costo del ACx fue de \$220,000dII (\$4'136,000MX), pero tan solo en el primer año se tuvieron ahorros por \$106,590dII (\$2'003,892MX que representan casi la mitad del costo del ACx), adicionalmente cada año pueden llegar a tener ahorros en energía de hasta \$25,500dII, dependiendo del costo de la electricidad y del gas natural, (\$479,400MX), de manera rápida se puede obtener que en un periodo menor a 5 años los ahorros anuales habrán pagado el costo del ACx.

Lecciones aprendidas de Ada:

- Iniciar el Cx en una etapa temprana del diseño.
- Usar el PCx para establecer los canales de comunicación.
- Incluir a todos los equipos de trabajo involucrados en el PCx.

Caso de estudio 2: Edificio Banco Banner, BetterBricks.

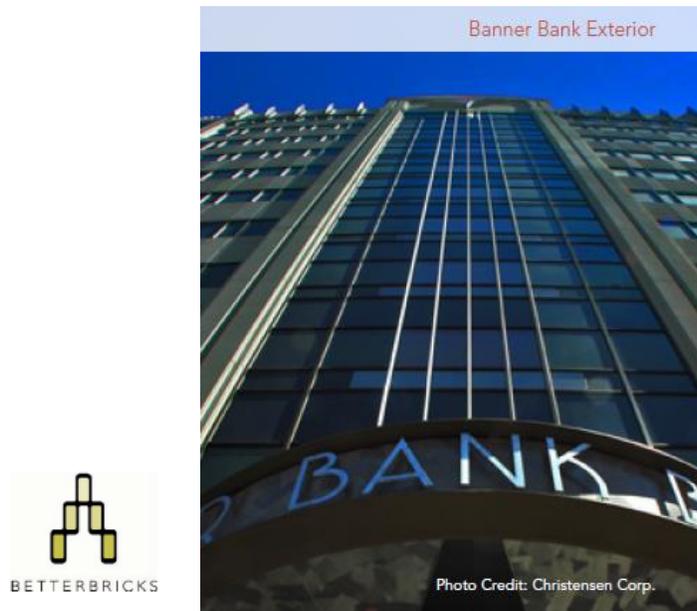


Fig. 23 Fachada Banco Banner. BetterBricks.

El edificio del Banco Banner es un modelo de edificio de alto desempeño en los E.U.A. las estrategias de eficiencia energética fueron consideradas desde un punto de vista que engloba al edificio completo, tal como la distribución de aire en piso con pre-enfriamiento por evaporación, hasta los más finos detalles, como la eliminación de apagadores en pro de los controles individuales de computadoras.

Datos generales Banco Banner

| | |
|----------------------|---|
| Dueño | The Christensen Corp. |
| Ubicación | Boise, Idaho. |
| Tipo de edificio | Oficinas |
| Tamaño | 180,000 pies ² (16,722 m ²). |
| Fecha de terminación | Marzo 2006 |

Tabla 1 Datos generales Banco Banner, BetterBricks.

Con un total de 180,000 pies² (16,722 m²), con once niveles, este edificio ofrece un valor significativo clase-A de espacios de oficinas para el área, además ofrece un ambiente de alta calidad usando solo la mitad de la energía que un edificio típico usaría según datos del mercado. Dado al mejor ambiente interior y tasas competitivas de rentas, el edificio firma contratos de arrendamiento mucho más rápido que la competencia.

El edificio del Banco de Banner fue el primer edificio en obtener la certificación LEED Platino Core And Shell en Idaho, y a nivel mundial fue el 16to en obtener tal certificación,

sin embargo, el edificio del Banco de Banner fue el primero con uso especulativo de oficinas en obtenerlo a nivel mundial.

Este edificio obtuvo los 10 créditos disponibles en la sección Energía y Atmósfera en el checklist de LEED, mostrando un ahorro de energía del 50% en el modelado Core and Shell (núcleo y envolvente). La energía que utiliza el edificio es de 37 kBTU / FT²AÑO comparado contra el consumo de energía de un edificio típico en Idaho que es 89 kBTU/FT²AÑO es notablemente menor.

Las estrategias en eficiencia de energía tomadas en el edificio del Banco Banner proveen beneficios adicionales. El sistema de piso elevado que aceleró la instalación de datos y energía en la construcción proporciona a los ocupantes suministro y salida de aire óptimos, además de ser fácil de reconfigurar. Las paredes modulares y claros amplios en combinación con el piso elevado minimizan costos al dueño y a los ocupantes al tener gran flexibilidad del espacio interior.



Fig. 24 Ventilación en pisos, edificio Banco Banner, BetterBricks.

Estrategias y características del Banco Banner

- Rentabilidad
 - Minimizar uso de energía
 - Reducir consumo de materiales
 - Vigas encastilladas para minimizar uso del acero
 - Sistema paredes modulares
 - Minimizar los costos de rotación
 - Claros amplios
 - Sistema paredes modulares
 - Contactos eléctricos “plug-n-play”



- Confort visual y preferencias
 - Uso de luz natural como fuente principal de iluminación
 - Marcos de aluminio blanco como sombras y reflectores
 - Cristales con espectro selectivo para la transmisión de la mayor cantidad de luz posible
 - Acristalamiento hasta el techo y placas de piso estrecho
 - Complemento de luz natural con controles e iluminación eléctricos de calidad
 - Iluminación eléctrica directa e indirecta
 - Controles y elementos “plug-n-play”
 - Controles y elementos con pantallas digitales
 - Regulación controlada por imagen con controles por usuario
 - Sensores de presencia
- Confort térmico y calidad del aire
 - Reducir primero y costos de ciclo de vida de los sistemas de enfriamiento
 - Ventilación demandada controlada
 - Pre-enfriamiento por evaporación
 - Distribución de aire en piso que permite aire fresco a mayor temperatura
 - Reducir el uso de energía del sistema de calefacción
 - Circuito cerrado de agua geotérmica en piso
- Agua
 - Disminuir el consumo de agua
 - Usar vegetación de bajo consumo de agua
 - Usar sensores de humedad
 - Tratar y reusar aguas grises
 - Accesorios de baja descarga automáticos
- Otros elementos “verdes”
 - Proveer un saludable aire interior
 - Usar pinturas y adhesivos bajos en contenidos volátiles
 - Reducir y reciclar materiales
 - 42% del edificio utiliza material reciclado
 - 90% de los desperdicios de la construcción fueron reciclados

Un edificio tan complejo como este requiere de una gran organización y control, el ACx tiene la responsabilidad de asegurarse que todas las características que busca Banco Banner se implementen de manera armoniosa en el proyecto completo, el equipo de diseño realiza sus propuestas con base a las necesidades ya establecidas y con la supervisión del ACx y la firma de arquitectos líder obtener la versión más optimizada y adecuada que cumpla con los desempeños buscados.



Análisis energético y financiero

- Costo del proyecto: \$23'000,000dII (\$432'400,000MX)
- Precio por pie²: \$128dII/pie² (\$25,875MX/m²)
- Incentivo por utilidad: \$100,000dII de Idaho Power (\$1'880,000MX)
- Costos de operación
 - Energía: ahorros anuales en el modelo de \$48,387dII (\$909,675MX), comparado con un edificio base (ASHRAE 90.1)
 - Retorno: \$8dII/pie² (\$1,617MX/m²) para un mayor retorno, comparado con los \$20-\$25dII/pie² (\$4,053 – \$5,053 MX/m²) típicos
- Análisis energético
 - Costos por energía: \$99,440dII (\$1'869,472MX) base, \$51,420dII (\$966,696MX) anuales (48% ahorro)
 - Iluminación: 1'085,273 kWh base - 435,109 kWh (60% mejor)
 - Ventilación: 338,085 kWh base - 150,038 kWh (56% mejor)
 - Enfriamiento de espacios: 240,060 kWh base - 150,038 kWh (38% mejor)
 - Bombeo: 98,025 kWh base - 43,011 kWh (56% mejor)
 - Índice de uso de energía: 89.30 kBtu / pie² año (típicamente Idaho) – 59.72 kBtu / pie² año (base de códigos) – 37 kBtu / pie² año (diseñado)
 - Compensación de carbono: 721 toneladas de CO₂/año (ahorros de energía)

De esta manera se obtiene la siguiente tabla que ilustra el consumo de energía de un edificio base y los ahorros de energía del edificio del Banco Banner descritos en los puntos anteriores.

Base Building vs. Banner Bank Energy Savings

| | BASE BUILDING | BANNER BANK | BASE BUILDING | BANNER BANK | BASE BUILDING | BANNER BANK |
|----------|---------------|-------------|---------------|-------------|----------------|-----------------------|
| | kBTU | kBTU | kWh | kWh | Energy Expense | Energy Expense |
| LIGHTING | 3,703,105 | 1,484,655 | 1,085,273 | 435,109 | \$43,400 | \$17,400 (60% better) |
| VENTING | 1,153,594 | 511,950 | 338,085 | 150,038 | \$13,520 | \$6,000 (56% better) |
| PUMPING | 334,474 | 146,759 | 98,025 | 43,011 | \$3,920 | \$1,720 (56% better) |
| COOLING | 819,120 | 511,950 | 240,060 | 150,038 | \$9,600 | \$6,000 (38% better) |
| HEATING | 4,382,100 | 2,974,800 | – | – | \$29,000 | \$20,300 (30% better) |
| | | | | | \$99,440 | \$51,420 (48% better) |
| | | | | | | TOTAL |



Tabla 2 Edificio base vs Edificio del Banco Banner. BetterBricks.



Lecciones aprendidas por Banco Banner

- Ahorro de dinero: a través del edificio del Banco Banner, se ha probado que un “edificio verde” incrementa la rentabilidad para los dueños, además se disfrutará de una mayor rentabilidad a lo largo de la vida del edificio debido a la reducción de costos de energía y un bajo costo de retorno. Muchos de los ya usuarios del edificio del Banco Banner han indicado que las “características verdes del edificio” fueron un factor importante para decidir mover su negocio a este edificio. Cuando llegue el momento, se espera que los precios de renta aumenten en este edificio, debido a los bajos costos de operación, alta satisfacción entre los ocupantes y una tasa alta de ocupación.
- Ahorros en el capital inicial: espacios abiertos, bien diseño de envolvente, y reducción en la carga de calefacción, el enfriamiento y ventilación permitieron a los diseñadores minimizar los sistemas mecánicos, reducir costos en equipos, costos de instalación y costos estructurales. Estos ahorros fueron reinvertidos en el sistema de piso elevado, sistema de control de iluminación y el sistema de pre-enfriamiento por evaporación que por mucho incrementaron el desempeño del edificio. El núcleo y exterior del edificio tiene grandes placas de piso abiertas ininterrumpidas por componentes estructurales. Se usaron vigas encastilladas de 27 pulgadas para crear espacios claros entre el núcleo y el perímetro. Con estas vigas se pueden tener claros mucho más amplios que con vigas normales y al mismo tiempo usar 12% menos de acero. De la decisión de utilizar este tipo de vigas además redujo los costos de las columnas, al requerir menos. A su vez, los amplios espacios interiores permiten a los ocupantes modificarlo con el menor costo.
- Beneficios de arrendamiento: el edificio firmó contratos de arrendamiento muy rápido, obteniendo una ocupación del 90% en los primeros 12 meses de operación mientras que otros edificios en la ciudad de Boise experimentan periodos de ocupación de entre 24-48 meses para alcanzar esa misma ocupación. Asimismo, el edificio disfruta de un 70% de prospectos satisfechos. Esto es principalmente al ambiente interior mejorado, espacios interiores flexibles y mejoramiento de los costos por parte de los ocupantes. Los costos por operación son más del \$1.00dII/pie² (\$202.00 MX/m²) menores en el edificio del Banco Banner que cualquier otro edificio típico clase-A en la región de Boise, Idaho.
- Importancia del Comisionamiento: la firma de arquitectos líder del proyecto indicó que haber gastado un 0.05% del presupuesto del proyecto



en un tercer equipo destinado al comisionamiento fue una buena inversión. Específicamente por el balanceo de los sistemas, los controles y operación a punto, la recomendación de los difusores de retorno en plafones y el entrenamiento adicional en la operación del sistema de iluminación ayudaron a la realización de todo el potencial de ahorro en energía en el diseño.



Fig. 25 Exterior edificio Banco Banner, BetterBricks.

Caso de estudio 3: edificio Alley 24



Fig. 26 Edificio Alley 24, BetterBricks.

Localizado en la ciudad de Seattle, Washington, en el vecindario en desarrollo de South Lake Union, Alley 24 es uno de los primeros proyectos mixtos con certificación LEED de E.U.A., ofreciendo un modelo completamente nuevo de sustentabilidad y desarrollo urbano. El proyecto es formado por 16,722 m² de oficinas en 6 niveles, 2,601 m² de locales comerciales y 172 departamentos residenciales que se encuentran dentro del contexto de alta sustentabilidad y desarrollo orientado al público.

Alley 24 enfrentó varios retos, como balancear su interés por la innovación y la experimentación del desempeño de sus propios espacios, con la necesidad de un edificio con recursos eficientes que además cumplirán con los requerimientos de los diferentes ocupantes. Considerando todos los puntos anteriores, se obtienen los objetivos a alcanzar a través del diseño de alto desempeño del edificio, el cual es integrado por uso de la luz natural (88% del edificio es iluminado con luz natural); un sistema de ventilación híbrido con la habilidad de usar la misma masa del edificio para su enfriamiento por las noches (el 90% del edificio puede ser ventilado o enfriado con ventanas operadas manualmente); y un sistema de distribución de aire por piso. Con todas estas propiedades, los ocupantes cuentan con el beneficio excepcional de control de iluminación, ventanas operables y aire acondicionado. Este es uno de los primeros desarrollos de uso mixto que reportan medidas que benefician a sus ocupantes por ser edificio sustentable, con una disminución del 30% de personas enfermas en días hábiles y un aumento en productividad de 10.3% por persona.

Como fue reportado en abril de 2008, el resumen del desempeño del edificio por el *Instituto de Nuevos Edificios*, las estrategias integradas han obtenido un índice de uso de energía de 53kBTU/pie²-año, y un 43% en la reducción del uso de energía, como fue

calculado por la herramienta Target Finder de la ENERGY STAR, tal como se muestra en la siguiente figura.

Building Energy Use Index (EUI)

| ENERGY STAR Average (kBTU/sf-yr) | Actual (kBTU/sf-yr) | Savings (kBTU/sf-yr) | Savings (%) |
|-------------------------------------|------------------------|-------------------------|----------------|
| 97 | 53 | 40 | 43 |



Tabla 3 Índice de Uso de Energía del Edificio Alley 24, BetterBricks.

El edificio Alley 24 obtuvo la certificación LEED Core and Shell plata, adicionalmente este proyecto lidera el piloto de vecindario dentro del programa de desarrollo de LEED Neighborhood en Seattle.

Proceso del diseño

Con la colaboración del dueño, arquitectos y consultores se obtuvieron las metas del proyecto enfocadas al diseño urbano y las estrategias en sustentabilidad. Con esta base el equipo de diseño fue capaz de incorporar las metas en sustentabilidad temprano en el diseño esquemático. Estas colaboraciones fueron conservadas a través de reuniones regulares, permitiendo flexibilidad al equipo de diseño para determinar las soluciones correctas para el tipo de mercado y los requerimientos del dueño. Por ejemplo, el equipo de diseño quería originalmente 100% ventilación natural, sin embargo, desde la perspectiva de los ocupantes, se preocupaban que los niveles de confort no fueran alcanzados. Como solución, el equipo de diseño creó un sistema híbrido HVAC innovador que cumple con las preocupaciones de confort de los ocupantes y los deseos del dueño de obtener altos niveles de eficiencia energética.

Modelos 3D en computadora mostraron la alta colaboración del equipo de diseño con el dueño y las ingenierías, eléctrica e ingenieros en iluminación, trabajando juntos para obtener los desempeños del edificio a través de los estudios de luz natural, modelado HVAC, estudios de sombras y modelado dinámico de fluidos en computadora para las opciones de ventilación.



Clima

Las restricciones del lugar, combinado con los patrones de las calles de Seattle, resultaron en un edificio con largas fachadas difíciles de sombrear al este y al oeste. Los análisis del clima templado en Seattle sugieren beneficios al edificio para instalar ventanas operables manualmente y enfriamiento con la masa del edificio durante la noche. La luz de día fue diseñada con una combinación de ventanas operables localizadas arriba y abajo con persianas exteriores operables. Por el diseño de los niveles, se permite una mejor penetración de la luz de día al interior. El sistema HVAC se apaga una vez alcanzado los rangos de confort ajustados por los ocupantes, bajo la premisa de apertura de ventanas para mantener el confort y ventilación interior.

Uso

El horario típico de oficinas es de 6:00AM a 7:00PM, que es el horario en que es usada la iluminación y HVAC del edificio.

Ahora, como parte del compromiso para cumplir con la alta eficiencia del edificio, los ocupantes acordaron ampliar sus rangos de confort y hacer uso de las ventanas, dejando que la iluminación artificial varíe de acuerdo con la luz natural. Con esto se logra un balance entre los ocupantes que se muestran positivos en contribuir con la eficiencia energética y los que no, pudiendo mantener así flexibilidad y rápido ajuste entre los ocupantes a lo largo del edificio.

Cargas

El equipo de diseño optimizó la envolvente del edificio para obtener la mayor ventaja del clima templado y luz natural de Seattle, minimizando los efectos negativos de la ganancia de calor solar. Las ventanas operables fueron estudiadas para optimizar los efectos de la ventilación natural y muchos estudios de sombras fueron realizados para determinar la mejor solución para mitigar la ganancia de calor solar al mismo tiempo que se asegura la entrada de luz natural de manera afectiva.

La ventana principal se localiza a 3.05 m de altura, para que cumpla con la luz natural y ventilación natural del edificio. El 40% de las ventanas son operables, de estas un 25% se encuentran localizadas abajo, mientras que el 75% se encuentran cerca del techo, de esta forma se mejora el desempeño de la ventilación pasiva (las ventanas operables

proporcionan el 90% de la ventilación de cada nivel). Las ventanas, con la combinación de las persianas exteriores, son posicionadas a diferentes alturas para optimizar la luz natural y las vistas exteriores. Adicionalmente, el sistema HVAC se apaga cuando la temperatura exterior es templada, de esta forma los ocupantes son responsables de abrir las ventanas manualmente para conservar el confort térmico interior.

El diseño del concreto premezclado fue dimensionado para mantener los requerimientos térmicos y reducir las cargas de enfriamiento cuando el economizador de la manejadora de aire es utilizado para la circulación de grandes volúmenes de aire frío durante la noche a través del sistema de ventilación en piso para el enfriamiento de las losas de concreto. Para el momento en que se realizó este edificio se escribió un caso de estudio, pero no se había implementado completamente.



Fig. 27 Ventanas edificio Alley 24, BetterBricks.

Sistemas

- **Envoltente/sombras:** el edificio Alley 24 es el primer edificio de Norteamérica en incorporar parasoles y persianas reflejantes automáticas. El sistema automático de parasoles incluye pantallas reflejantes en las ventanas operables y persianas motorizadas en el exterior que son retractables cuando no son necesitadas.
- **HVAC:** el sistema HVAC híbrido puede funcionar bajo diferentes modos, es considerado esencial por el hecho de tener diferentes ocupantes a lo largo de la vida del edificio, el cual permite, de manera individual, que los ocupantes determinen el nivel de desempeño que ellos requieren.
- **Iluminación:** las oficinas cuentan con luminarias T5, obteniendo un consumo de energía de $0.97 \text{ W}/\text{pie}^2$ (posicionándose a la mitad entre el código viejo

LDP 1.0 W/pie² y el nuevo 0.95 W/pie²). Las áreas comunes del edificio de oficinas (sanitarios, salas de conferencia, etc.) tienen detectores de movimiento y todas las luces de las oficinas tienen timers para el horario típico de oficinas, requiriendo activar un control para horas fuera de horario. Para alcanzar los requerimientos del Código de Energía de Seattle, la iluminación perimetral tiene incorporado fotoceldas.

Medición y verificación

A principios del 2008, una revisión del desempeño del edificio fue realizado por el *Instituto de Nuevos Edificios*, en el que se comparan 12 meses de uso de energía con los datos nacionales de edificios, haciendo uso del Sistema de Clasificación de la ENERGY STAR y de los datos completos de otros edificios LEED. Los resultados confirmaron que Alley 24 demuestra un excelente desempeño de la energía. El proyecto alcanzó un puntaje de 97 en el Sistema de Clasificación de la ENERGY STAR, posicionándolo en los primeros 3% de los edificios naciones.

La revisión del desempeño también incluye una encuesta a los ocupantes para determinar su satisfacción con las características y desempeño del edificio relacionado con acústica, calidad del aire, iluminación, temperatura, desempeño completo del edificio, productividad y salud. En todas las categorías, el edificio alcanzó altos niveles de satisfacción de sus ocupantes comparado con información ya almacenada de otros edificios para benchmark.



Fig. 28 Edificio Alley 24, BetterBricks.



7.3 Interpretación de datos del extranjero

A manera de resumen se observan los siguientes datos de los casos de estudio mostrados en la sección anterior:

| EDIFICIO | ÁREA (M2) | COSTO DEL PROYECTO (MX) | COSTO DEL Cx (MX) | BENEFICIO ANUAL (MX) | AHORRO EN ENERGÍA (ANUAL MX) | AHORROS EN COMPARACIÓN DEL EDIFICIO BASE |
|------------------------------|------------------|--------------------------------|--------------------------|-----------------------------|-------------------------------------|---|
| <i>Corte de justicia Ada</i> | 30,648 | -- | \$4'136,000 | \$2'003,892 | \$479,400 | -- |
| <i>Banco Banner</i> | 16,722 | \$432'400,000 | \$216,200 | \$1'880,000 | \$966,696 | 48% |
| <i>Alley 24</i> | 19,373 | -- | -- | -- | -- | 43% |

Tabla 4 Cuadro comparativo de casos de estudio.

Con excepción de la corte de justicia Ada, todos los proyectos usados como casos de estudio fueron certificados bajo un modelo LEED, por lo tanto, como pre-requisito se tuvo que realizar el Comisionamiento. La certificación LEED es la líder en certificaciones de eficiencia energética en los E.U.A.

Sin embargo, en los tres proyectos se pueden notar los ahorros en energía y beneficios fiscales brindados por el estado, llegando hasta un 48% en ahorros de energía comparado con el edificio base de acuerdo a ASHRAE 90.1 en el caso del Banco Banner y hasta un 43% de acuerdo con Target Finder de la Energy Star en el edificio Alley 24, debido a que el caso de estudio de la corte de justicia Ada no cuenta con este dato no es posible saber con exactitud el ahorro en comparación con el edificio base.

Como dato adicional se resalta que los tres proyectos tenían metas de ahorro de energía muy claras, tanto para los que obtuvieron la certificación LEED, como en el caso en el que se realizó el Cx como método para alcanzar sus objetivos.

En el caso de la corte de justicia Ada, que incorporaron el Cx hasta la Fase de Diseño, se dieron cuenta de la importancia de arrancar con el Cx desde el Pre-diseño, y aún con estas demoras los resultados fueron excelentes, lo que da apertura a preguntarse ¿qué



otros beneficios podrían haberse obtenido de la implementación del Cx temprano en el proyecto?

Además de los datos duros de los resultados de estos casos de estudio, en cada proyecto tuvieron experiencias únicas, pero a la vez situaciones y resultados que los identifican. Como lo es el señalar que el entrenamiento al personal de mantenimiento de acuerdo con la agenda del Cx les ha brindado gran conocimiento del edificio que operan, ya que en este plan se incluyeron objetivos específicos y elementos clave para cada pieza de los equipos. Al igual de resaltar que el ACx contribuyó de gran manera en que los sistemas y equipos quedaran balanceados, los controles y operación a punto, y con el conocimiento vertical y lateral del ACx proveer soluciones alternas para cumplir con los RDP. Adicionalmente, con el entrenamiento de la operación de ciertos elementos que manipularán los ocupantes, se puede alcanzar realmente los objetivos de ahorros de energía propiamente del diseño.

Pero además de los ahorros de energía, entrenamiento al personal de mantenimiento y ocupantes y funcionamiento correcto de todos los sistemas, en su conjunto brindan algo más como plus: beneficios de arrendamiento, ahorros en el capital inicial y demanda entre los clientes.

En la actualidad muchas empresas se preocupan por pertenecer a la “ola verde”, ya sea por moda o mera convicción, esto trae beneficios a todos en general. La preocupación por hacer algo por nuestro medio ambiente ha sido un agente importante para que edificios con estos diseños sean populares, y claro los beneficios fiscales y ahorros directo al bolsillo, pero no sólo eso, en estos casos de estudio incluso han expresado que ha disminuido el absentismo de sus trabajadores e incluso aumentado su productividad debido a los niveles de confort interiores.

Como se puede observar se tiene una amplia gama de beneficios económicos y de bienestar entre los ocupantes y el dueño de la implementación del Cx. Son tan buenos los resultados que en muchos proyectos se hace uso del Cx sin la necesidad de perseguir una certificación.

7.4 Visualización del futuro del Comisionamiento en el país

Tal como se acaba de mostrar, los datos recolectados provenientes de nuestro país vecino son contundentes al demostrar los excelentes resultados de haber utilizado el proceso de Comisionamiento en sus edificios. La obligatoriedad en el cumplimiento de estándares, normas y certificaciones “verdes” que usan este proceso es alta, ergo, el porcentaje de edificaciones que superan la línea base de diseño en consumo de energía,



manejo de recursos y preparación y entrenamiento al personal de operación y mantenimiento, así como a los usuarios finales, se encuentra en aumento. Sin mencionar el hecho de la competencia profesional y de prestigio que se vive en aquel país por superar los límites establecidos que propician la implementación de buenas prácticas y el uso cada vez más refinado de las ya existentes.

Si bien en nuestro país se viene usando este proceso para sistemas específicos y para el cumplimiento de certificaciones internacionales, principalmente, actualmente desarrolladores que, al certificar un edificio, se percataron de los beneficios directos que el Comisionamiento les brindó en edificaciones pasadas, así es que han decidido seguir haciendo uso de este proceso en proyectos consecutivos, incluso si no se busca una certificación.

Es esta primicia que da indicio a que, sí el Comisionamiento se encuentra en una etapa temprana en el país, sí la normatividad mexicana tiene poco de haber entrado en vigor, sí el procedimiento de normalización, certificación y competencia laboral se encuentran en desarrollo y perfección, sí apenas se encuentra en auge de ser parte del conocimiento general en el ámbito de la construcción y de negocios y sí falta la implementación de incentivos y obligatoriedad con certificaciones “verdes” y estándares nacionales. Sin embargo, el conjunto de todos estos *SÍ* forman un prominente y prometedor futuro a corto plazo en donde la industria privada y el sector público adopten el Comisionamiento no sólo porque sea obligatorio o en la búsqueda de una certificación, sino porque los resultados experimentales y casos de éxito sean benéficamente replicables.

Conclusiones

Después de realizar esta investigación, leer la norma mexicana sobre Comisionamiento, las guías usadas en otros países y la documentación básica necesaria para desarrollar el proceso correctamente, me doy cuenta que el Comisionamiento viene revolucionando la forma en la que construimos. Y como en toda revolución unos apoyan este proceso mientras que otros se encuentran renuentes. La transición y aceptación de nuevas prácticas no es sencilla, sin embargo, vale la pena reevaluar y adoptar las prácticas que mejoraran nuestra forma de hacer las cosas. Y es lo que creo, que el Comisionamiento viene a mejorar muchas cosas en la construcción, principalmente eliminando manías arraigadas.



Tal como se dieron cuenta en el caso de estudio de la corte de justicia Ada, los mejores resultados de la implementación del Comisionamiento se obtienen si este es aplicado desde la Fase de Pre-diseño. Así, se busca el cumplimiento de los RDP desde el principio, y por tanto, los sistemas se ven nacer en armonía y se integran como piezas de un rompecabezas.

Definitivamente es esencial tener en claro cuáles son los RDP, ya que son la base para que todo el proyecto cumpla con las expectativas del dueño y sus ocupantes. Además, porque teniendo bien visualizadas las metas difícilmente hay desviaciones de resultados.

Ahora bien, debido a la relación directa que existe entre el Comisionamiento y diferentes certificaciones de eficiencia energética, es positivo motivar a los dueños a elegir los RDP considerando a nuestro medio ambiente, y por qué no, ahorrar energía, reducir costos y ser populares entre los clientes mientras cuidamos nuestro planeta, todo esto sin la necesidad de ostentar de una certificación, o bien, si busca una.

Un punto que considero importante volver a mencionar es que el Comisionamiento no es una auditoria, ni supervisión, ni una tercera partida contratada para evaluar resultados ni mucho menos. El ACx es contratado por parte del Dueño para que sea el puente entre las diferentes ingenierías y equipos de trabajo, para que el flujo de la comunicación sea fluido, que las diferentes ideas sean integradas y puedan funcionar de manera eficiente entre ellas. Pero su trabajo no se detiene ahí, tiene la gran responsabilidad de planear y llevar el control en la construcción de acuerdo a los estándares y normas mexicanas e internacionales cumpliendo con los RDP, garantizando el funcionamiento esperado del edificio. Asimismo, el ACx se asegura que el edificio sea operado por personal capacitado, capaz de resolver problemas y mantener las instalaciones funcionando adecuadamente. Como se puede notar, el ACx es un aliado que motiva, facilita y promueve el trabajo en equipo, las buenas prácticas y el trabajo bien hecho.

Sin embargo, aún hay detalles que, aunque están claros en la práctica no han sido debidamente abordados, quedando aún remanentes claros de las disciplinas de las que el Comisionamiento se originó, por lo que sin duda su aplicación en la construcción aún es perfectible, eso permite que no sólo pueda implementarse sino desarrollarse adecuadamente en México, lo que abre la posibilidad de establecer un método aún más preciso, que pueda posicionar a la vanguardia la construcción en nuestro país.

Por otro lado, en México, el proceso de implementación de cualquier tipo de método de gestión en la construcción depende en gran medida de la gran carga legal que recae sobre los desarrolladores, por lo que es necesario la colaboración de las autoridades que permitan e incentiven el Comisionamiento con estrategias eficaces, al ser este un sistema



de control autogestionado fácilmente auditable, después de conocerlo a profundidad queda claro que la integración de la figura del Comisionamiento al aparato verificador gubernamental generaría una sinergia suficiente para aligerar, a las entidades, la carga que supone supervisar una obra de la que no se es parte, incrementaría la seguridad de las construcciones, así como de las edificaciones resultantes, reduciría los tiempos en la tramitología y conformidad de las obras, permitiría el adecuado reconocimiento de los responsables de cada área, daría certeza sobre los métodos utilizados en cada etapa del proyecto, al mismo tiempo que reduciría los costos de operación de todo el proceso. Dicho todo esto queda claro que el Comisionamiento no sólo actuaría en beneficio de los Dueños, sino también de las autoridades y de los usuarios finales, permitiendo edificaciones más seguras, confiables, con uso más eficiente de los recursos y por tal a un menor costo.

Es digno de mención la transparencia que se logra sobre todo el proceso, permitiendo evaluar cada parte del mismo de manera documental, lo que abre toda una gama de posibilidades para la investigación sobre la construcción, permitiendo tener datos fiables, replicables y de alto valor instructivo, permitiendo no solamente gestionar más eficientemente las construcciones actuales, sino establecer las bases de desarrollo para las construcciones futuras, sirviendo de plataforma para la generación de nuevos métodos constructivos e incluso el desarrollo de nuevas tecnologías, sentando así las bases para impulsar la construcción en México hacia el futuro.

Por último, es realmente importante mencionar que el Comisionamiento en México existe desde hace años, sin embargo aún depende de la obligatoriedad derivada de las exigencias de agencias extranjeras para la certificación de edificios, sin dejar de lado aquellas que por convicción la aplican, por lo que este documento es una invitación abierta para adoptar como propio este método que, bajo el esquema de investigación científica, tiene las cualidades de hacer de la construcción una disciplina que pueda ser llevada hasta los más altos índices de calidad posible, dejando atrás la construcción casi artesanal a la que día a día el ramo de la construcción en el país nos enfrentamos.

ANEXOS

NOTA DEL AUTOR: estos anexos fueron elegidos con la finalidad de mostrar cómo se aplica el Comisionamiento en un proyecto real, para descubrir los documentos que se usan y sirven de apoyo para la obtención de información vital a lo largo del proceso, tal como los RDP. Los documentos presentados en los siguientes anexos no son todos los modelos ni formularios usados en la práctica, mi objeto es de mostrar algunos de los que considero de gran importancia durante el proceso general.



ANEXO A

GUÍA DE TRABAJO PARA LOS REQUERIMIENTOS DEL DUEÑO PARA EL PROYECTO

--**Nota:** este documento es una traducción del documento nombrado originalmente como *ASHRAE Guideline 0-2013 The Commissioning Process, Informative Annex I Owner'S Project Requirements Workshop Guidance*, esta traducción fue realizada por el autor y contiene algunas adaptaciones del texto original para ser utilizado en este documento de tesis.--

--Este anexo es un modelo creado con el propósito de proveer instrucciones solamente. No intenta ni está aprobado para servir como un formato estándar. Los usuarios de este documento deberían consultar con personal calificado con respecto a su comisionamiento y otros documentos.--

Obteniendo la información

Aunque obtener información relacionada con el desarrollo del RDP puede ser fácil, es difícil obtener información de calidad que el propietario, personal O&M, contratistas de servicios, clientes (por ejemplo, estudiantes, pacientes, vendedores, arrendadores), visitantes, ocupantes y la comunidad estén todos de acuerdo. En un proceso basado en calidad, es crítico que las aportaciones sean obtenidas de todos los usuarios (los varios grupos de usuarios) y que el consenso y las diferencias entre los grupos de usuarios sea documentada.

Usualmente hay requerimientos en los cuales los usuarios no están de acuerdo. Estos deben ser documentados como puntos sin resolver. Normalmente, el dueño tomara las decisiones finales con respecto a cuál será el orden de prioridad de los puntos sin resolver. Aun así, el dueño y el resto del ECx deben estar conscientes de todos los requerimientos para que el producto final incluya tantos requerimientos de grupos individuales como sea considerado apropiado y dentro del presupuesto.

Un simple proceso de tres pasos es recomendado para desarrollar los RDP.

1. Mesa de trabajo de RDP.
2. Documentación de los RDP (reporte).
3. Aprobación de los RDP por el equipo de proyecto.



Mesa de trabajo de RDP. La mesa de trabajo de RDP es típicamente facilitada por el ACx, quien hace notar las preocupaciones primarias del equipo de proyecto. La mesa de trabajo es organizada para motivar la identificación de todos los requerimientos, para motivar la interacción y discusión entre todos los miembros del equipo, y para llegar a un consenso de las prioridades de los RDP. Esto es logrado a través de la presentación de múltiples preguntas en una estructura ordenada. Un proceso típico utiliza un formato modificado de una mesa de trabajo de grupo nominal. Esta manera reúne el nivel más alto de consenso que aproxima las necesidades reales del grupo.

El proceso consiste de los siguientes pasos:

- a. Proporcionar cada pregunta o concepto a cada individuo participando en la mesa de trabajo.
- b. Permitir entre tres y cinco minutos de silencio para escribir, en los cuales cada individuo deberá proporcionar tantas respuestas e ideas como pueda.
- c. Recolectar las respuestas individuales utilizando el proceso round-robin (o todos contra todos), sin discusión en este momento, solo recolectar las respuestas en una forma que permita a todos los participantes verlas.
- d. Revisión de todas las respuestas, agrupando aquellas que sean similares y aclarando cada una de ellas para que todos en el grupo tengan el mismo entendimiento de todas las respuestas.
- e. Cada individuo debe asignar un orden de importancia a las respuestas (1-5).
- f. Determinar un orden de importancia grupal para los órdenes individuales.
- g. Se promueve una discusión de las 10 respuestas determinadas las más importantes - y de cualquier respuesta determinada de máxima importancia por cualquier individuo-, seguido por una segunda ronda de asignación de importancia para estas respuestas.

Las preguntas presentadas durante esta mesa de trabajo deben ser generales en su naturaleza, propiciar la discusión, resultar en una variedad de puntos de vista y no deben dejar la mesa de trabajo. Las preguntas no deben enfocarse en cosas como “¿a qué temperatura te sientes cómodo?”, sino que deberían ser más generales, por ejemplo, “¿cómo defines comodidad?” o “¿cómo determinarías el costo del éxito de este proyecto?” (en lugar de una pregunta aún más amplia como “¿cómo determinarías si el proyecto fue exitoso?”).

Documentación de los RDP. La mesa de trabajo de RDP identificara los puntos clave y las prioridades más importantes para el equipo de proyecto, el dueño, usuarios, y el ECx.



Sin embargo, este no provee valores específicos. Por ejemplo, el punto número uno de los RDP puede ser “buena circulación de aire en los cuartos”. Es responsabilidad del ACx tomar los requerimientos individuales desarrollados por el equipo de proyecto y transformarlos en una forma física apropiada que permita sean medidos, diseñados, y documentados.

Esta transformación de los RDP normalmente requiere las aportaciones de una gran variedad de fuentes, incluyendo el equipo de diseño, contratistas, especialistas, estándares y directrices. Típicamente, el ACx cuenta con la suficiente experiencia en la planeación, diseño, construcción y operación de las instalaciones para proveer la supervisión de esta tarea. De no ser así, expertos deberán estar presentes para ayudar en el desarrollo de los RDP.

Aprobación de los RDP por el equipo de proyecto. Después de varias iteraciones y revisiones del OPR por los equipos de proyecto y diseño; los requerimientos deben ser aprobados para proveer al equipo de diseño una dirección adecuada para su diseño. Es importante distinguir el desarrollo de los RDP del rol tradicional del arquitecto en la planeación y programación de procesos. Los RDP definen los criterios que se requieren para el éxito, mientras que el documento del arquitecto puede solo especifica los requerimientos sobre el tamaño del espacio y flujos de ocupación. Así, donde los RDP definir el estado y el uso funcional de las instalaciones como X, Y, y Z; el documento del arquitecto puede definir la ubicación, el tamaño, y el flujo de personas a través de X,Y, y Z.

Resumen

La mesa de trabajo de RDP es el método más efectivo a la hora de la obtención de los requerimientos que guiaran las directrices a lo largo del proceso de Cx de proyecto a proyecto. Debe ser un tema discutido en el taller de lecciones aprendidas durante la Fase de Ocupación/Operación del proceso de Cx. Cabe mencionar que existen otras técnicas para desarrollar los RDP; como las entrevistas y encuestas, sin embargo, pudieran no ser tan efectivas ya que no permiten la interacción entre los grupos de usuarios. Además, se ha demostrado que los resultados o respuestas están sesgadas por las creencias del experto que desarrolle las preguntas para las entrevistas o encuestas. Frecuentemente, al usar este tipo de técnicas las preguntas pudieron ser analizadas y las conclusiones predeterminadas sin importar si las entrevistas o encuestas se completan o no.



ANEXO B REQUERIMIENTOS DEL DUEÑO PARA EL PROYECTO (RDP).

--**Nota:** este documento es una traducción del documento nombrado originalmente como *ASHRAE Guideline 0-2013 The Commissioning Process, Informative Annex J Owner'S Project Requirements*, esta traducción fue realizada por el autor y contiene algunas adaptaciones del texto original para ser utilizado en este documento de tesis.--

--Este anexo proporciona un ejemplo de cómo implementar parte de las guías. No se pretende que sea una representación comprensiva o un buen ejemplo práctico. Los profesionales que aplican el proceso Cx deberán seguir las guías cuidadosamente así como las directrices y técnicas de comisionamiento adaptadas para sus proyectos específicos.--

Un formato general para el documento de RDP es presentado en este anexo. La estructura propuesta está pensada para englobar los requerimientos de las instalaciones y permitir la adición de secciones dependiendo de los sistemas y ensamblajes que se construirán.

- a. **Introducción** - Incluye una vista general del proyecto y las razones generales por las cuales se está desarrollando el proyecto. Una descripción de los procesos del dueño (procesos del Cx) son usualmente descritas en esta sección.
- b. **Puntos clave de los RDP** - Incluye el listado de los puntos clave de los RDP en los que el proceso de Cx se concentrara y los que el dueño (ECx) a determinado son críticos para el éxito del proyecto.
- c. **Descripción general del proyecto** - El tamaño y alcance del proyecto se describen en esta sección.
- d. **Objetivos** - Los objetivos para completar el proyecto se detallan en esta sección.
- e. **Usos funcionales** - Los usos funcionales esperados (espacios) para el edificio son detallados en esta sección. Una corta descripción de cada uso funcional es incluida para proporcionar el contexto en el cual fue detallado.
- f. **Requerimientos de ocupación** - Incluye el número de ocupantes (usuarios y visitantes) y la programación de ocupación, incluyendo todas las condiciones especiales.
- g. **Consideraciones y limitaciones del presupuesto** - Las restricciones y consideraciones de presupuesto esperadas se describen en esta sección.



h. **Criterio de desempeño** - Los criterios de desempeños sobre los cuales el proyecto será evaluado por el ECx son incluidos en esta sección. Cada criterio de desempeño deberá ser medible y verificable. Incluye las siguientes subsecciones para organizar y explicar los criterios apropiadamente.

- 1 General
- 2 Económico
- 3 Requerimientos del usuario
- 4 Proceso de Construcción
- 5 Operaciones
- 6 Sistemas
- 7 Asambleas

i. **Historial de la versión de RDP** - Incluye un resumen de los cambios realizados a lo largo de las fases de Prediseño, Diseño, Construcción, Operación y Ocupación. Esta información es crítica para entender y documentar las concesiones hechas y el impacto resultante en el proyecto.

La tabla J-1 asistirá en el desarrollo del documento de los RDP de acuerdo con la sección 5.2.2.4, de ASHRAE Guideline 0-2013 The Commssioning Process, usando el formato presentado en este anexo. La inclusión de criterios específicos (como las entradas en la matriz de ejemplo) dependerá de las necesidades del dueño del proyecto. La sección principal del OPR debe enfatizar los lineamientos que son esenciales para el éxito del proyecto.

TABLA J-1 Matriz de ejemplo para desarrollar los RDP

| Guideline 0-2013 Subclausula 5.2.2.4 | Sección RDP | | | | | | |
|--|--------------|--------------------------------|----------------------------------|-----------|------------------|-----------------------------|--|
| | Introducción | Requerimientos clave del dueño | Descripción general del proyecto | Objetivos | Usos funcionales | Requerimientos de ocupación | Consideraciones y limitaciones del presupuesto |
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| (a) Planeación y | | | Planea- | | | | Presupues |



| Guideline 0-2013 Subclausula 5.2.2.4 | Sección RDP | | | | | | |
|---|--------------|--------------------------------|----------------------------------|-----------|------------------|-----------------------------|--|
| | Introducción | Requerimientos clave del dueño | Descripción general del proyecto | Objetivos | Usos funcionales | Requerimientos de ocupación | Consideraciones y limitaciones del presupuesto |
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| presupuesto del proyecto. | | | ción | | | | -to |
| (b) Alcance y presupuesto para el proceso de Cx | Alcance | | | | | | Presupuesto |
| (c) Documentación de los requerimientos, incluyendo formatos para presentaciones, materiales de entrenamiento, reportes y manuales de sistema. Se debe considerar el uso de documentos en formato electrónico cuando sea apropiado. | | X | | | | | |
| (d) Directivas del dueño. | | X | | | | | |



| Guideline 0-2013 Subclausula 5.2.2.4 | Sección RDP | | | | | | |
|---|--------------|--------------------------------|----------------------------------|-----------|------------------|-----------------------------|--|
| | Introducción | Requerimientos clave del dueño | Descripción general del proyecto | Objetivos | Usos funcionales | Requerimientos de ocupación | Consideraciones y limitaciones del presupuesto |
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| (e) Restricciones y limitaciones. | | | X | | | | |
| (f) Requerimientos del usuario. | | X | | | | | |
| (g) Requerimientos de ocupación y planeación. | | | | | X | X | |
| (h) Requerimientos de entrenamiento para el personal del dueño. | | X | | | | | |
| (i) Requerimientos de garantía. | | X | | | | | |
| (j) Requerimientos de benchmarking. | | X | | | | | |
| (k) Criterios de operación y mantenimiento | | X | | | | | |



| Guideline 0-2013 Subclausula 5.2.2.4 | Sección RDP | | | | | | |
|--|--------------|--------------------------------|----------------------------------|-----------|------------------|-----------------------------|--|
| | Introducción | Requerimientos clave del dueño | Descripción general del proyecto | Objetivos | Usos funcionales | Requerimientos de ocupación | Consideraciones y limitaciones del presupuesto |
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| para las instalaciones que refleje las expectativas del dueño y la capacidad y realidad del tipo de instalaciones. | | | | | | | |
| (l) Expectativas de mantenimiento para el equipo y sistemas, incluyendo limitaciones de operación y del personal de mantenimiento. | | X | | X | | | |
| (m) Requerimientos de calidad para materiales y construcción. | | X | | | | | |
| (n) Tolerancia permitida en la operación de | | | | X | | | |



| Guideline 0-2013 Subclausula 5.2.2.4 | Sección RDP | | | | | | |
|---|--------------|--------------------------------|----------------------------------|-----------|------------------|-----------------------------|--|
| | Introducción | Requerimientos clave del dueño | Descripción general del proyecto | Objetivos | Usos funcionales | Requerimientos de ocupación | Consideraciones y limitaciones del presupuesto |
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| sistemas en las instalaciones. | | | | | | | |
| (0) Metas de eficiencia energética. | | X | | X | | | |
| (p) Metas ambientales y de sustentabilidad. | | X | | X | | | |
| (q) Requerimientos de la comunidad. | | X | | | | | |
| (r) Adaptabilidad para cambios futuros de las instalaciones y para ampliaciones. | | X | | X | X | | |
| (s) Requerimientos de integración de sistemas, especialmente entre otras disciplinas. | | | | | X | | |



| Guideline 0-2013 Subclausula 5.2.2.4 | Sección RDP | | | | | | |
|---|--------------|--------------------------------|----------------------------------|-----------|------------------|-----------------------------|--|
| | Introducción | Requerimientos clave del dueño | Descripción general del proyecto | Objetivos | Usos funcionales | Requerimientos de ocupación | Consideraciones y limitaciones del presupuesto |
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| (t) Requerimientos ambientales de salud, higiene e interiores. | | X | | | | X | |
| (u) Requerimientos acústicos | | X | | | | | |
| (v) Requerimientos de vibración. | | X | | | | | |
| (w) Requerimientos sísmicos. | | X | | | | | |
| (x) Requerimientos de accesibilidad. | | X | | | | | |
| (y) Requerimientos de seguridad. | | X | | | | | |
| (z) Requerimientos estéticos. | | X | | | | | |
| (aa) | | X | | | | | |



| Guideline 0-2013 Subclausula 5.2.2.4 | Sección RDP | | | | | | |
|--|--------------|--------------------------------|----------------------------------|-----------|------------------|-----------------------------|--|
| | Introducción | Requerimientos clave del dueño | Descripción general del proyecto | Objetivos | Usos funcionales | Requerimientos de ocupación | Consideraciones y limitaciones del presupuesto |
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| Requerimientos constructivos. | | | | | | | |
| (bb) Requerimientos de comunicación. | | X | | | | | |
| (cc) Códigos y estándares aplicables. | | | X | | | | |

| Guideline 0 Cuerpo | Sección RDP | | | | | | | |
|--|------------------------|-----------|----------------------------|----------------------|-------------|----------|-----------|-------------------------------|
| | Criterios de desempeño | | | | | | | Historial de versiones de RDP |
| | General | Económico | Requerimientos del usuario | Proceso constructivo | Operaciones | Sistemas | Asambleas | |
| | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 |
| (a) Planeación y presupuesto del proyecto. | | | | | | | | |
| (b) Alcance y presupuesto para el | | | | | | | | |



| Guideline 0 Cuerpo | Sección RDP | | | | | | | |
|---|------------------------|----------------|---|-------------------------------|-----------------------|---------------|----------------|--|
| | Criterios de desempeño | | | | | | | Historial de versiones de RDP |
| | Gene- ral | Econó- mico | Reque- rimien- tos del usuario | Proceso constru- c-tivo | Ope- racio- nes | Siste- mas | Asam- bleas | |
| 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | |
| proceso de Cx | | | | | | | | |
| (c) Documentación de los requerimientos del proyecto, incluyendo formatos para presentaciones, materiales de entrenamiento, reportes y manuales de sistema. Se debe considerar el uso de documentos en formato electrónico cuando sea apropiado. | | | | | | | | |
| (d) Directivas del dueño. | | | | | | | | |



| Guideline 0 Cuerpo | Sección RDP | | | | | | | |
|---|------------------------|----------------|---|-------------------------------|-------------------------|---------------|----------------|--|
| | Criterios de desempeño | | | | | | | Historial de versiones de RDP |
| | Gene- ral | Econó- mico | Reque- rimien- tos del usuario | Proceso constru- c-tivo | Ope- raccio- -nes | Siste- mas | Asam- bleas | |
| 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | |
| (e) Restricciones y limitaciones. | | | | | | | | |
| (f) Requerimien- tos del usuario. | | | X | | | | | |
| (g) Requerimien- tos de ocupación y planeación. | | | | | | | | |
| (h) Requerimien- tos de entrenamiento para el personal del dueño. | | | | X | X | | | |
| (i) Requerimien- tos de garantía. | | | | | X | | | |
| (j) Requerimien- tos de | | X | | X | X | X | | |



| Guideline 0 Cuerpo | Sección RDP | | | | | | | |
|---|------------------------|----------------|---|-------------------------------|-----------------------|---------------|----------------|--|
| | Criterios de desempeño | | | | | | | Historial de versiones de RDP |
| | Gene- ral | Econó- mico | Reque- rimien- tos del usuario | Proceso constru- c-tivo | Ope- racio- nes | Siste- mas | Asam- bleas | |
| 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | |
| benchmarking. | | | | | | | | |
| (k) Criterios de operación y mantenimiento para las instalaciones que refleje las expectativas del dueño y la capacidad y realidad del tipo de instalaciones. | | | | | X | X | X | |
| (l) Expectativas de mantenimiento para el equipo y sistemas, incluyendo limitaciones de operación y del personal de mantenimiento. | | | | X | X | X | | |
| (m) Requerimien- | X | | | X | | X | | |



| Guideline 0 Cuerpo | Sección RDP | | | | | | | |
|--|------------------------|----------------|---|-------------------------------|------------------------|---------------|----------------|--|
| | Criterios de desempeño | | | | | | | Historial de versiones de RDP |
| | Gene- ral | Econó- mico | Reque- rimien- tos del usuario | Proceso constru- c-tivo | Ope- racio- -nes | Siste- mas | Asam- bleas | |
| 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | |
| tos de calidad para materiales y construcción. | | | | | | | | |
| (n) Tolerancia permitida en la operación de sistemas en las instalaciones. | | | | | X | X | | |
| (o) Metas de eficiencia energética. | | X | | | X | X | X | |
| (p) Metas ambientales y de sustentabilidad. | X | | | | | | | |
| (q) Requerimientos de la comunidad. | X | | | | | | | |
| (r) Adaptabilidad para cambios futuros de las instalaciones y | | | | X | X | X | X | |



| Guideline 0 Cuerpo | Sección RDP | | | | | | | |
|--|------------------------|----------------|---|-------------------------------|-------------------------|---------------|----------------|--|
| | Criterios de desempeño | | | | | | | Historial de versiones de RDP |
| | Gene- ral | Econó- mico | Reque- rimien- tos del usuario | Proceso constru- c-tivo | Ope- raccio- -nes | Siste- mas | Asam- bleas | |
| 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | |
| para ampliaciones | | | | | | | | |
| (s) Requerimien- tos de integración de sistemas, especialmente entre otras disciplinas. | X | | | X | | | | |
| (t) Requerimien- tos ambientales de salud, higiene e interiores. | | | X | | | | | |
| (u) Requerimien- tos acústicos | X | | X | X | | | | |
| (v) Requerimien- tos de vibración. | X | | | X | | | | |
| (w) Requerimien- | X | | | X | | | | |



| Guideline 0 Cuerpo | Sección RDP | | | | | | | |
|---|------------------------|----------------|---|-------------------------------|-------------------------|---------------|----------------|--|
| | Criterios de desempeño | | | | | | | Historial de versiones de RDP |
| | Gene- ral | Econó- mico | Reque- rimien- tos del usuario | Proceso constru- c-tivo | Ope- raccio- -nes | Siste- mas | Asam- bleas | |
| 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | |
| tos sísmicos. | | | | | | | | |
| (x) Requerimien- tos de accesibilidad. | X | | X | X | X | | | |
| (y) Requerimien- tos de seguridad. | X | | X | X | | | | |
| (z) Requerimien- tos estéticos. | X | | X | X | | | | |
| (aa) Requerimien- tos constructivos. | X | | | X | | | | |
| (bb) Requerimien- tos de comunicación. | X | | X | X | | | | |
| (cc) Códigos y estándares aplicables. | | | | | | | | |



ANEXO C BASES DE DISEÑO (BDD)

--**Nota:** este documento es una traducción del documento nombrado originalmente como *ASHRAE Guideline 0-2013 The Commissioning Process, Informative Annex K Basis Of Design (BoD)*, esta traducción fue realizada por el autor y contiene algunas adaptaciones del texto original para ser utilizado en este documento de tesis.--

--Este anexo proporciona un ejemplo de cómo implementar parte de las guías. No se pretende que sea una representación comprensiva o un buen ejemplo práctico. Los profesionales que aplican el proceso Cx deberán seguir las guías cuidadosamente así como las directrices y técnicas de comisionamiento adaptadas para sus proyectos específicos.--

Las BDD archivan los principales procesos de pensamiento y las suposiciones detrás de las decisiones de diseño hechas para cumplir con los RDP. Se pretende que un RDP capture lo “Que” el propietario necesita y espera del proyecto. Los documentos de construcción detallan el “Cómo” el RDP será físicamente completado. Las BDD capturan información importante que liga el “Que” y el “Cómo”.

La documentación de las BDD es distinta de los documentos constructivos, raramente es incluida en los dibujos y especificaciones, y generalmente no es necesitada por el contratista para cumplir con sus obligaciones. Sin embargo es extremadamente valiosa para el ECx, cuando este necesita evaluar la habilidad de un diseño y sus componentes para cumplir con los RDP.

El objetivo de documentar específicamente la información de las BDD es de proveer a los grupos relacionados con el proyecto, en cada fase del proceso, un entendimiento del pensamiento subyacente que llevó a la selección de componentes específicos, montaje, sistemas e integración de sistemas. Una narrativa del diseño que provee una vista general de los montajes y sistemas en un formato verbal es usualmente un elemento integral de las BDD.

Las BDD son normalmente desarrolladas de forma incremental mientras el proyecto se mueve de la fase de Prediseño, a Diseño y dentro de la Fase de Construcción. Los cambios a las BDD que normalmente ocurren como evoluciones del diseño deben ser documentados.

El contenido de las BDD varía de proyecto a proyecto y de sistema a sistema, pero en general deberá contener lo siguiente:



- a. Códigos específicos, estándares y guías consideradas durante el diseño de las instalaciones y las interpretaciones del diseñador para estos requerimientos.
- b. Información sobre las condiciones del ambiente (climáticas, geológicas, estructurales, construcciones existentes) usadas durante el diseño.
- c. Suposiciones hechas respecto al uso de las instalaciones.
- d. Expectativas respecto a la operación del sistema y mantenimiento.
- e. Criterios de desempeño con que el sistema fue diseñado - ligado a los RDP.
- f. Métodos de diseño específico, técnicas, software usado en el diseño.
- g. Una narrativa de diseño que describa cómo el diseñador pretende cumplir con los RDP.
- h. Una narrativa de operación que detalle cómo se espera que las instalaciones sean operadas bajo varios escenarios (como operación normal, evento extremo, emergencia).
- i. Un listado de las marcas y modelos específicos usados como base para los dibujos y especificaciones.

ANEXO D

MODELO DE PCx PARA LA FASE DE DISEÑO

--**Nota:** este documento es una traducción del documento nombrado originalmente como Part II Model Commissioning Plan --Design Phase— elaborado por Portland Energy Conservation, Inc. (PECI) bajo el patrocinio de la Oficina de Energía de Oregón y el Departamento de Energía de E.U.A., esta traducción fue realizada por el autor y contiene algunas adaptaciones del texto original para ser utilizado en este documento de tesis. --

Este anexo es un modelo creado con el propósito de proveer instrucciones solamente. No intenta ni está aprobado para servir como un formato estándar. Los usuarios de este documento deberían consultar con personal calificado con respecto a su comisionamiento y otros documentos.



Inicialmente patrocinado por el Departamento de Energía de E.U.A. (V. 2.04) y después por la Oficina de Energía de Oregón (V. 2.05) y preparado por Portland Energy Conservation, Inc. Por sus siglas en ingles PECEI, V. 2.05. Febrero 1998.

MODELO DE PLAN DE COMISIONAMIENTO (PCx) – FASE DE DISEÑO

Resumen

El modelo del Plan de Comisionamiento-Fase de Diseño guía a las actividades del Comisionamiento durante la Fase de Diseño. Provee detalles de las responsabilidades en la Parte 1. Requerimientos del Comisionamiento-Fase de Diseño para arquitectos, ingenieros, Agente de Comisionamiento, construcción y gerentes de proyectos. El plan describe las actividades del Equipo de Comisionamiento y Agente de Comisionamiento para desarrollar las especificaciones del comisionamiento en sitio y desarrollan los primeros dos borradores del Plan de Comisionamiento-Fase de Construcción.

INSTRUCCIÓN PARA LLENAR EL PLAN MODELO

Con las siguientes direcciones, personal del Dueño puede llenar de manera confidencial el Plan modelo. El ACx o arquitecto en jefe puede revisar después el plan como sea necesario. El Plan modelo intenta ser un documento estándar para la mayoría de los proyectos y puede ser llenado a mano sin necesidad de adjuntar otros documentos. Para el caso de proyectos con arreglos contractuales inusuales, será necesaria la edición del Plan modelo y ser provisto de manera electrónica.

Llenar primeramente la Sección 2, Información del edificio, para proveer la magnitud esperada del proyecto a groso modo. La Sección 3 no deberá ser llenada hasta que el contrato de diseño haya sido asignado.

A continuación, se brinca a la Sección 5, Objetivos de trabajo del Cx. Aquí, la primera decisión a ser tomada es decidir que sistemas serán comisionados. Como mínimo, HVAC y controles de iluminación deberán ser comisionados. Consultar con otros gerentes de proyecto, su propia experiencia y costos, pueden ser considerados para ayudar a decidir otros sistemas a ser comisionados.

Se procede con la Actividad 1 de la Sección 5, Coordinación del Cx durante el diseño, para decidir si el arquitecto en jefe o el ACx coordinara el proceso de Cx durante el Diseño. Generalmente el ACx es la mejor opción para iniciar y seguir con todo el proceso, pero se



puede dar el caso en el que, por las características del proyecto a desarrollar, el arquitecto en jefe, que debe tener conocimiento del proceso de Cx, pueda tomar este rol. Sin embargo, esta decisión puede ser cambiada después de la asignación del contrato.

Generalmente el Cx debe iniciar en el desarrollo de la Fase de Diseño. Para proyectos pequeños y menos complejos, el Cx puede esperar hasta el inicio de la documentación de la Fase de Construcción.

Se procede con la Actividad 3 de la Sección 5, Revisión del desarrollo del diseño, se decide el porcentaje a revisar de los diseños al final del desarrollo del Diseño por el ACx. Esto es altamente recomendable. El número de áreas del diseño a revisar por el ACx dependen de las habilidades del mismo y del interés particular por parte del Dueño y los usuarios en ciertas áreas. Como mínimo, el ACx debe revisar la eficiencia energética, operación y mantenimiento y calidad del medio ambiente interior. Las áreas deseadas para revisión deberán ser marcadas en la Tabla 6.

En la Actividad 4 de la Sección 5, Documentación de metas de diseño y Bases de Diseño, se decide que sistemas se deberá entregar documentación detallada sobre las intenciones de diseño y parámetros operacionales por parte de los diseñadores. Generalmente, todos los mencionados en la lista son altamente recomendables. Además, en esta misma Actividad 4, se decide quién coordinará el desarrollo de la documentación de las intenciones de diseño, si será el ACx o el arquitecto en jefe. Cualquiera de las dos deberá trabajar en armonía y bien. Las áreas deseadas para documentación deberán ser marcadas.

Se continúa con la Actividad 5 de la Sección 5, Borrador del Plan de Comisionamiento para la Construcción, no requiere introducir información, a menos que haya ciertas áreas en el modelo del *PCx-Fase de Construcción* (parte IV) que el Dueño no quiera incluir. De ser así, las exclusiones deberán ser anotadas debajo de esta Actividad.

Actividad 6 de la Sección 5, Desarrollo de las especificaciones del Comisionamiento, no requiere introducir información en este momento, a menos que haya una gran área de la Guía de Especificaciones (emitido por PECl y que no se encuentra incluido en este documento, mencionado de ahora en adelante como sólo *Guía*) que el Dueño prefiera cambiar o aclarar ahora que durante la adaptación normal del proceso. De ser así, las exclusiones deberán ser anotadas debajo de esta Actividad. La Guía no intenta ser totalmente aplicable al proyecto por lo que el equipo de diseño debe adaptarse a ellas. Así, la mayoría de los cambios necesarios serán realizados a lo largo del proceso de diseño con la guía y aprobación del Dueño.

Actividad 7 de la Sección 5, Revisión general de planos y especificaciones, requiere introducir información similar a la Actividad 3 usando la Tabla 8.



El programa del Cx en la Sección 6 es bastante universal y generalmente no requerirá introducir nueva información. El único cambio que podría necesitar es si el Cx comienza después del inicio del desarrollo del Diseño.

Finalmente, ir a la Tabla 5 en la Sección 4. Esta es una página de los roles y responsabilidades del Cx del equipo de diseño. En la Tabla 5, hay dos áreas que requieren de la entrada de información: 1) quién será el coordinador general del Cx durante el diseño, y 2) quién será el líder de la Actividad 4. Verificar los equipos apropiados para estas Actividades y verificar los otros puntos.

Plan de Comisionamiento-Fase de Diseño

Proyecto: _____

Contacto del Dueño: _____

Fecha: _____

1. Resumen del Comisionamiento durante el Diseño

El Comisionamiento (Cx) es un proceso de aseguramiento en el que todos los sistemas interactúan y se desempeñan de acuerdo a las intenciones de diseño y a las necesidades de operación del Dueño. Esto es alcanzado al iniciarse desde la Fase de Diseño y documentación de diseño y propósitos de operación y continúa a lo largo de la construcción y la aceptación con una verdadera verificación del desempeño.

El propósito del Comisionamiento durante el diseño es alcanzar los siguientes objetivos específicos:

- Proveer revisiones de diseño enfocadas con el comisionamiento.
- Asegurarse que los propósitos en el diseño y operación sean claramente documentados.
- Asegurarse que el comisionamiento para la Fase de Construcción son reflejados adecuadamente en los documentos contractuales.

El proceso de comisionamiento durante el diseño es ilustrado en la Figura 1-1.



Como referencia, una pequeña descripción del Dueño de la Fase de Diseño se anexa a continuación:

Programación: el equipo de diseño y el gerente de proyecto, por parte del dueño, se reúnen con representantes de la agencia de los ocupantes o el cliente para determinar el uso de las áreas y los requerimientos del edificio.

Fase de Diseño conceptual: el arquitecto desarrolla diagramas, organización del edificio, planificación de espacios y diseños de fachadas. Son proporcionados diferentes diseños. Los ingenieros eléctricos y mecánicos generalmente no tienen presencia en esta fase.

Fase del desarrollo del diseño: detalles adicionales son anexados a los diagramas, bloques y diseños. Las características interiores y exteriores son completadas y el sistema HVAC ha sido determinado de manera general, además de ser aprobado el plan general de la planta del mismo.

Fase de Documentos constructivos: los planos son completados. Las especificaciones son completadas, generalmente usando las especificaciones maestras del Dueño. Los documentos contractuales son preparados.

2. Información del edificio

Nombre del proyecto: _____

Ubicación: _____

Tipo de edificio (oficinas, deptos., etc): _____

Área: _____ Número esperado de secciones: _____

Agencia: _____ Inquilinos: _____

Periodo de diseño: _____ Periodo de construcción: _____

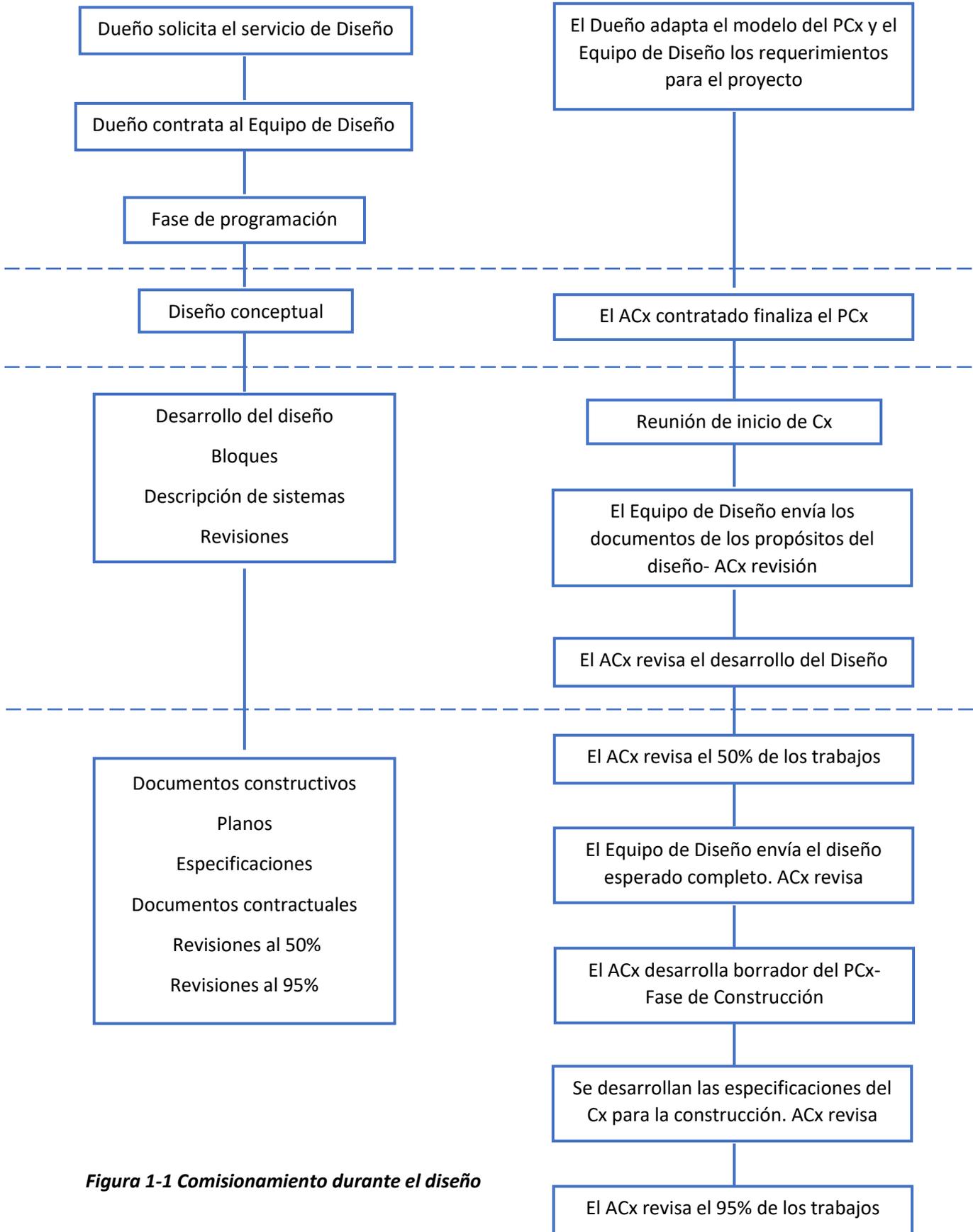


Figura 1-1 Comisionamiento durante el diseño



3. Información del Equipo de Diseño del proyecto

| | | | |
|---------------------------|---------------------------|------------------------------------|--------------------|
| Gerente de proyectos | Nombre: Compañía: | Tel: Fax: Dirección: | Cel: Email: |
| Agente de Comisionamiento | Nombre: Compañía: | Tel: Fax: Dirección: | Cel: Email: |
| Arquitecto | Nombres: Compañía: | Tel: Fax: Dirección: | Cel: Email: |
| Ingeniero civil | Nombre: Compañía: | Tel: Fax: Dirección: | Cel: Email: |
| Gerente de construcción | Nombre: Compañía: | Tel: Fax: Dirección: | Cel: Email: |
| Representante de usuarios | Nombre: Compañía: | Tel: Fax: Dirección: | Cel: Email: |



4. Responsabilidades

Actividades

Una lista de responsabilidades y actividades para cada grupo del Equipo de Diseño se presentan en la Tabla 5. En ella se muestra qué miembro del equipo será asignado como responsable de cierta actividad. Debajo de cada actividad hay sub-actividades marcadas con la letra “X”, asignadas a los miembros de los equipos participantes. El(los) representante(s) del usuario(s) son considerados como miembros del Equipo de Diseño y contribuirán de la manera que sea posible. Sin embargo, ellos no poseen un nuevo rol dentro de los esfuerzos del comisionamiento y por lo tanto no se encuentran listados en la tabla.

Objetivos

La sección 5 provee detalles adicionales referentes a los objetivos de las actividades.

Reportes

Los miembros que completen una sub-actividad reportan al líder de la actividad, según la Tabla 5. El líder de la actividad reporta al Coordinador Líder (el líder de la actividad según la Tabla 5).



Tabla 5. Roles y responsabilidades del Comisionamiento durante el Diseño.

| <p style="text-align: center;">Fase Diseño Roles y responsabilidades del Comisionamiento</p> | Grupos involucrados | | | | | |
|--|----------------------------|------------|----------------------|----------------|---------------------|-------------------------|
| | Agente de Comisionamiento | Arquitecto | Ing. Mecánico (HVAC) | Ing. Eléctrico | Gerente de proyecto | Gerente de construcción |
| Actividades | | | | | | |
| 1. Coordinación general del Cx durante el Diseño Líder→ | | | | | | |
| a. Plan y programación de las reuniones | X | X | | | X | |
| b. Ver que todas las actividades son realizadas | X | X | | | X | |
| c. | | | | | | |
| 2. Finalizar el PCx para la Fase de Diseño Líder→ | X | | | | | |
| a. Editar el PCx original como sea necesario | X | | | | | |
| b. Revisar y documentar en el PCx | | X | | | X | |
| c. | | | | | | |
| 3. Realizar revisión del desarrollo del diseño [1] Líder→ | X | | | | | |
| a. Al termino del desarrollo del Diseño, revisar los conceptos de diseño de las áreas marcadas en la Tabla 6 | X | -- | -- | -- | -- | |
| b. Responder a los comentarios del ACx | | X | X | X | | |
| 4. Desarrollar la documentación de las metas de diseño y operación Líder→ | | | | | | |
| a. Proveer asistencia y estructura a las metas de diseño | X | | | | | |
| b. Escribir las metas de diseño para los sistemas marcados en la Actividad 4 de la Sección 5 | | X | X | X | X | |
| c. Revisar y aprobar las metas de diseño para su finalización | X | | | | X | |
| d. Responder a los comentarios del ACx | | X | X | X | | |
| 5. Desarrollar el borrador del PCx para la Fase de Construcción Líder→ | X | | | | | |
| a. Adaptar y editar el Modelo del PCx-Fase de Construcción. Borrador 1 y 2. | X | | | | | |



| | | | | | | |
|--|---|----|----|----|----|----|
| b. Revisar el PCx | | | | | X | X |
| c. | | | | | | |
| 6. Desarrollar las especificaciones del Cx para la construcción Líder→ | X | | | | | |
| a. Asistir en, revisar y aprobar todas las secciones | X | | | | | X |
| b. Adaptar las especificaciones de la guía de Cx para la ingeniería civil | X | X | | | | |
| c. Adaptar las especificaciones de la guía de Cx para HVAC | | | X | | | |
| d. Adaptar las especificaciones de la guía de Cx para el sistema eléctrico | | | | X | | |
| e. Adaptar las especificaciones de la guía de Cx para _____ | | | | | | |
| f. | | | | | | |
| 7. Revisar los planos y especificaciones finales [2] Líder→ | X | | | | | |
| a. Revisión completa de los planos y especificaciones, primero al 50% y al 95%, asegurando que las metas de diseño sean alcanzadas (ver Tabla 8) | X | -- | -- | -- | -- | -- |
| b. Responder a los comentarios del ACx | | X | X | X | | |

[1] El miembro líder para esta actividad es el mismo. Ingresar los porcentajes aproximados de trabajo por cada grupo para la actividad completa; ingresar una "X" para las demás sub-actividades por participante.

[2] Esto no excluye las revisiones normales para todos los grupos, denotado por un guion -, pero se pretende mostrar la adición de las revisiones por parte del ACx.

5. Objetivos de trabajo del Comisionamiento

Los siguientes sistemas marcados son los que serán comisionados en este proyecto:

- ___ Ingeniería civil
- ___ Arquitectura
- ___ Sistema HVAC (virtualmente todos los equipos)
- ___ Sistema HVAC (equipo primario solamente)



- ___ Sistema de control de energía HVAC
- ___ Calidad del aire interior (nivel moderado de esfuerzos)
- ___ Calidad del aire interior (nivel riguroso de esfuerzos)
- ___ Control automático de iluminación
- ___ Calidad del sistema de fuerza, eléctrico, tierras, etc.
- ___ Sistema de fuerza de emergencia e integración de problemas
- ___ Sistema de comunicaciones, ej. _____
- ___ Sistemas de seguridad
- ___ Sistemas de control de alarma contra incendio/humo e integración de problemas
- ___ Sistemas hidrosanitarios
- ___ Sistemas de telecomunicaciones y manejo de datos
- ___ _____
- ___ _____

La siguiente lista de actividades abarca el Cx durante el Diseño:

1. Coordinar las actividades del Cx.
2. Finalizar el PCx para la Fase de Diseño
3. Realizar una revisión del desarrollo del Diseño
4. Desarrollar la documentación de las metas de Diseño
5. Desarrollar el borrador del PCx para la Fase de Construcción.
6. Desarrollar las especificaciones del Cx para los documentos contractuales de la Construcción.
7. Realizar una revisión final de todos los planos y especificaciones.

La lista de las actividades con los grupos involucrados está incluida en la Tabla 5. Cada actividad de esta tabla será ejecutada de lo contrario se realizarán las anotaciones específicas correspondientes.



5.1 Actividad 1. Coordinación del Comisionamiento durante el diseño.

El ___ *Agente de Comisionamiento*, ___ *arquitecto* será el coordinador de las actividades del Comisionamiento durante el Diseño, por medio de las designaciones en la Tabla 5. El inicio de esta Actividad consiste en llevar a cabo una reunión de arranque con el Equipo de Diseño al inicio de la ___ *Fase de Diseño Conceptual*, ___ *Fase de Desarrollo del Diseño*, ___ *Fase de Documentos de la Construcción*. Esta reunión es realizada después de que el PCx ha sido finalizado (Actividad 2). La reunión incluye la revisión del proceso y resaltar las responsabilidades de cada grupo.

El coordinador asegurara que todos los problemas del Comisionamiento son parte de la agenda de las reuniones del Equipo de Diseño y se asegurara que los Líderes de cada actividad entienden sus responsabilidades y que las ejecutarán. El coordinador realiza las modificaciones necesarias al PCx propuesto por el Equipo de Diseño durante las propuestas del proceso (Actividad 2). El coordinador reporta al Arquitecto y al Gerente de proyectos.

5.2 Actividad 2. Plan de Comisionamiento de la Fase de Diseño.

El coordinador del Cx para la Fase de Diseño (Actividad 1) realiza las aclaraciones y modificaciones necesarias al PCx Fase de Diseño original provisto por el Dueño y lo envía al arquitecto y al gerente de proyecto para su aprobación. Este plan final guía el trabajo del Cx durante el Diseño. Se realizan los cambios y negociaciones necesarias a los costos relativos del Equipo de Diseño relativo al PCx. Cada miembro del Equipo de Diseño recibe una copia del Plan por parte del coordinador.

5.3 Actividad 3. Revisión del desarrollo del diseño

Al final del Desarrollo del Diseño, el ACx ___ *revisa*, ___ *no revisa* el diseño junto con los otros miembros del Equipo de Diseño. Si el ACx no realiza esta revisión, el resto de esta sección no aplica, de lo contrario:

El ACx compara el diseño con los intereses y necesidades del Dueño como fueron identificados en el reporte de la programación de la Programación de la Fase del Diseño Conceptual. El ACx además compara la propuesta de diseño con la guía de diseño del Dueño



para las áreas seleccionadas. El ACx identifica además cualquier mejora que pueda ser realizada en las áreas marcadas abajo. Por tanto, el ACx puede revisar las áreas marcadas abajo, las que no son responsables del concepto de diseño, criterios de diseño o cumplimiento con reglamentos.

Tabla 6. Revisión del ACx del desarrollo del Diseño

| Áreas de diseño | Descripción |
|---|---|
| ___ Facilitación del Cx | Ingreso de datos para hacer el edificio fácil para comisionar (ver Facilitación del Comisionamiento en la Sección 8) |
| ___ Eficiencia energética | Eficiencia general de la envolvente del edificio, planos del edificio, tipos de sistemas HVAC, materiales, diseño arquitectónico, tipo de iluminación, etc. |
| ___ Operación y mantenimiento (O&M) | Como puede ser más fácil la O&M en el edificio (accesibilidad y sistemas de control, etc.) |
| ___ Calidad del medio ambiente interior | Como la temperatura, visión, confort acústico o calidad del aire ¹ pueden ser mejorados. |
| ___ Funcionalidad para los usuarios | Como el diseño puede ser modificado para el mejoramiento de la funcionalidad de los usuarios. |
| ___ Sustentabilidad medio ambiental | Como los materiales, sistemas y paisaje del edificio pueden crear un menor impacto en el medio ambiente. |
| ___ Costos de ciclo de vida | Evaluación de los costos de ciclo de vida relativo a eficiencia energética, O&M o funcionalidad. |

¹ Para realizar esta revisión, el ACx, con ayuda de las metas establecidas del Dueño, debe usar los checklist provistos en el Apéndice 1 al final de este Anexo D. El Cx de la calidad del aire interior no asegura que la calidad del aire interior sea el adecuado o sin deficiencias al entrar en funcionamiento el edificio o durante la ocupación, a menos que el Dueño haya especificado que se realicen pruebas reales de la calidad del aire. El comisionamiento de la



calidad del aire interior implica la realización de actividades que reduzcan al mínimo los problemas de calidad de aire interior, pero no elimina su posibilidad.

Esta revisión es documentada por escrito y enviada al coordinador del Cx de la Fase de Diseño y reenviada al arquitecto y gerente de proyecto. El arquitecto da los comentarios a los miembros del Equipo de Diseño. Los miembros del Equipo de Diseño responden al arquitecto quien provee una respuesta por escrito al ACx y al gerente de proyecto describiendo la respuesta del Equipo de Diseño y los cambios y consideraciones realizadas en el diseño.

5.4 Actividad 4. Documentación de metas de diseño y Bases de Diseño

Especialmente la identificación y desarrollo de las metas de diseño y Bases de Diseño, provee a cada grupo involucrado, en cada etapa respectivamente, el entendimiento de los sistemas del edificio. Esto permite a los miembros del equipo desarrollar sus respectivas responsabilidades de acuerdo al diseño, construcción u operación del edificio.

La documentación del Diseño difiere de las especificaciones tradicionales, en esta se provee una descripción más completa del sistema de la problemática o de los componentes del edificio con información de los antecedentes de manera clara y útil. Sin embargo, los documentos de diseño, muchas veces, incluyen información de las especificaciones. En general, las especificaciones detallan que debe realizarse a nivel de componentes, mientras que los documentos de diseño explican cómo debe realizarse algo y, en términos generales, cómo los objetivos de diseño y operación serán alcanzados. Las secciones de la documentación del diseño pueden verse como especificaciones, especialmente donde las actividades son diferentes a la práctica convencional, por ejemplo, diseño y construcción de la eficiencia energética.

Los documentos de diseño incluyen la información sobresaliente de los reportes de la programación, la Fase Conceptual de Diseño y del proceso de Diseño y Construcción necesario para guiar el diseño, verificar el cumplimiento durante la construcción y la asistencia en las operaciones del edificio. Los documentos de diseño consisten en dos componentes: metas de diseño y Bases de Diseño.

Metas de Diseño

Las metas de diseño es un documento que provee la explicación de las ideas, conceptos y criterios que son considerados de gran importancia para el Dueño. Es inicialmente el



resultado de la programación y fase conceptual del diseño. La descripción de las metas de diseño debe cubrir lo siguiente, para cada sistema, componente mayor, instalación o área:

- Objetivos y uso funcional del elemento, sistema, equipo o instalación
- Descripción general del sistema, si se conoce
- Calidad general de los materiales y construcción
- Requerimientos de los usuarios
- Calidad del medio ambiente interior (temperatura, humedad relativa, calidad del aire interior, niveles de ruido, niveles de iluminación, etc.)
- Criterios del desempeño (eficiencia general, objetivos de las tolerancias y consumo de energía de la calidad del medio ambiente interior, etc.)
- Consideraciones de costo y limitaciones
- Restricciones y limitaciones del sistema o instalación

Muchos de los asuntos mencionados arriba quizá no sean necesarios para componentes pequeños como unidades terminales de volumen variable.

Bases de Diseño

Las Bases de Diseño es un documento dinámico de los primeros pensamientos del proceso y las suposiciones detrás de las decisiones de diseño que fueron tomadas para alcanzar las metas de diseño. Las Bases de Diseño describen los sistemas, elementos, condiciones y métodos seleccionados para alcanzar las metas. Lo siguiente debe ser incluido en las Bases de Diseño para los equipos de mayor tamaño:

- Descripción específica de los sistemas, componentes y métodos para alcanzar los objetivos de las metas de diseño. (por ejemplo, para una unidad de techo para el aire acondicionado incluye: cuales son los sistemas alternativos que fueron considerados y porqué fue seleccionado este, detalles del tamaño, eficiencia, áreas servicio, detalles de control de la capacidad, compresores, coils, compuertas, configuraciones, filtros, economizadores, control de ventilación mínima, tipo de control, criterios de ruido y vibración, conexión con otros sistemas, secuencias de operación bajo todos los modos de operación, estrategias de control, etc.)
- Mantenimiento del equipo
- Fuego, vida, seguridad: criterios, descripción general de las estrategias y secuencias detalladas
- Funcionamiento y control del encendido de emergencia
- Desempeño energético
- Estrategias y métodos de ventilación



- Secuencia completa de operación, incluyendo configuración inicial y parámetros de control
- Programas
- Normas y estándares aplicables
- Calculo de la carga inicial incluyendo los modelos energéticos y de diseño
 - Diversidad de usos por tamaños
 - Densidad y funcionalidad con usuarios
 - Condiciones interiores (temperatura, humedad relativa, densidad de la energía luminosa, ventilación, y rangos de filtración, etc.)
 - Condiciones externas
 - Cristales, valor-U y coeficiente de sombra
 - Valor-R de paredes y techos

Información secundaria del Cx y operación del edificio deberá ser documentada por el Equipo de Diseño, pero no es incluida en la documentación que describe el diseño aquí o incluida en los manuales de Operación y Mantenimiento del Edificio.

Los detalles de ambos, las metas de diseño y las Bases de Diseño, se incrementan a como el proceso de diseño avanza, según descrito en la Tabla 7. En un inicio, la documentación del diseño es requerida primeramente como una descripción de los sistemas del edificio, el propósito de los mismos, cómo estos sistemas alcanzaran las metas y objetivos y porqué dicho sistema fue elegido sobre otros. Al avanzar el proceso de diseño, la documentación del diseño incluye las Bases de Diseño, una descripción específica de los sistemas y componentes, su función, cómo es su interacción con otros sistemas, secuencias de operación, y parámetros de control de operación.

Cada ingeniero contribuye con un claro documento donde describe los objetivos del diseño seleccionado y los parámetros de operación de los sistemas. Las metas de diseño requeridas en esta sección no son un sustituto para lo que se puede pedir en las especificaciones o contrato de otros sistemas.

Tabla 7. Progresión de la documentación del diseño

| Etapas | Identificación de problemática | Grupo responsable |
|---------------|---|--------------------------|
| Programación | Las necesidades del Dueño y Usuarios son identificadas a detalle. Las partes útiles del | Dueño Arquitecto |



| | | |
|---|--|---|
| | reporte de la programación se convierten en las metas de diseño iniciales. | |
| Diseño Conceptual y desarrollo del diseño | Las metas de diseño son esclarecidas, las Bases de Diseño son iniciadas: descripción general de los sistemas, objetivos de los sistemas y métodos para alcanzar los objetivos, etc. | Dueño Arquitecto |
| Documentos constructivos y desarrollo de las especificaciones | Al igual que el Diseño Conceptual y desarrollo del diseño, pero con mayor detalle, incluyendo la finalización de las Bases de Diseño, descripción completa de los sistemas y componentes, métodos específicos para alcanzar los objetivos de los sistemas, suposiciones del diseño, normas y estándares aplicables, secuencia completa de operación y estrategias de control | Arquitecto Ingenieros |
| Documentos As-Built | Al igual que los Documentos constructivos y desarrollo de las especificaciones, más: secuencias de ajustes y parámetros finales de control | Ingenieros Instaladores Contratistas Operadores del edificio Arquitecto |

Las metas iniciales del diseño de la fase de programación son introducidas por el arquitecto con revisiones por parte del Equipo de Diseño y ACx. El arquitecto, o el grupo asignado, actúa según indique la actividad de la documentación de diseño y coordina la creación de la documentación de diseño completa por el Equipo de Diseño. Cada miembro del equipo provee la descripción del sistema, el documento de las Bases de Diseño y las secuencias de operación detalladas para las áreas de diseño que son responsables. Ellos envían la documentación en partes al líder de la actividad de la Fase de Diseño predeterminada. El arquitecto, el líder de la actividad y el ACx revisan, comentan y aprueban los entregables. La documentación de las metas de diseño para otros sistemas y componentes como estructural, diseño interior, muebles, hidrosanitario, etc., también son requeridos, sin embargo, pueden no ser parte del Cx a menos que sean señalados desde un inicio que sí.



Entregables de la Documentación de diseño

Por el arquitecto/ingeniero civil

- ___ Diseño y función general del edificio
- ___ Iluminación interior
- ___ Eficiencia de la envolvente del edificio
- ___ Construcción sustentable
- ___ paisajismo/riego
- ___ Diseño general de elementos estructurales

Por el diseñador/ingeniero mecánico para HVAC

- ___ Sistemas HVAC (aire y agua)
- ___ Controles automáticos
- ___ Sistemas de protección contra incendio/humo
- ___ Confort térmico
- ___ Calidad del aire
- ___ Acústica

___ Planos en CAD de todos los sistemas mecánicos que incluye, más no limitativo: chillers y agua caliente, condensadores de agua, agua doméstica, sistemas de evaporación y condensación; suministro, retorno y salida de sistemas de aire, sistemas de gases medicinales.

Por el diseñador/ingeniero eléctrico

- ___ Iluminación interior
- ___ Controles automáticos de la iluminación (interior y exterior)
- ___ Sistemas de seguridad



- ___ Sistemas de comunicación
 - ___ Sistemas contra incendio y alarmas de humo
 - ___ Calidad de energía eléctrica
 - ___ Encendido de emergencia
 - ___ Planos en CAD del sistema de encendido de emergencia
-

Formato y detalles de la documentación

Como mínimo, el Equipo de Diseño sigue los sistemas marcados arriba. La forma general para llenar la documentación es la siguiente:

- Una narrativa del diseño describiendo el sistema en general
- Los objetivos de cada sistema y su uso funcional
- La secuencia completa de operación bajo todos los modos y condiciones
- La configuración inicial y parámetros de operación
- Criterios del desempeño y normas y estándares aplicables

Planos en CAD de cada sistema marcado arriba deberá ser desarrollado para incrementar la narrativa del diseño.

Reportes y revisiones

Cada miembro del equipo envía su documentación del diseño al arquitecto al final de la fase. El arquitecto provee una copia de las metas de diseño al gerente de proyecto y al ACx. La documentación listada de los planos As-Built completos, no son entregados durante el diseño. El ACx revisa la documentación y envía sus comentarios a través del arquitecto a cada diseñador/ingeniero. Cada diseñador/ingeniero realiza las modificaciones necesarias de acuerdo a lo solicitado por el ACx y reenvía la documentación al ACx, a través del arquitecto. Pueden ser solicitadas reuniones en el lugar para la facilitación de la circulación de documentos. El arquitecto es responsable de ver que el proceso sea claro de tal manera que las mejoras al diseño no se ven afectadas por problemas de comunicación.

Al final del Diseño, el arquitecto organiza y envía los documentos completos de las metas de diseño al ACx y al gerente de proyecto. La documentación de las metas de diseño debe ser realizado para ser usado en los documentos contractuales constructivos para referencia



y usados por el Dueño. Los ingenieros y contratistas asisten en la resolución de problemas que puedan surgir durante la construcción.

Los miembros del Equipo de Diseño incluyen sus secuencias completas de operación así como una breve narrativa del sistema (cuál es el sistema, para qué es usado, áreas generados de operación, etc.) en los documentos de las especificaciones de cada sistema que diseñan.

Un borrador de las metas de diseño completas y de las Bases de Diseño es entregado al ACx al inicio de la Construcción. Una copia final del As-Built es preparada e incluida en los MOE al final de la construcción.

Secuencias de operación

Se debe desarrollar detalladamente las secuencias de operación con los siguientes componentes de manera clara y descripción completa para cada pieza dinámica del equipo:

- Un resumen describiendo el sistema (1 o 2 párrafos) generalmente describiendo su propósito, componentes y función.
- Todas las interrelaciones y conexiones con otros sistemas
- Detalle de diagramas de control entre los paquetes de control y los sistemas de automatización del edificio, indicando los puntos de solo monitoreo y los puntos que son ajustables.
- Escribir las secuencias de control para los paquetes de control del equipo (secuencias de los fabricantes del equipo puede ser incluida, pero generalmente requiere un descripción adicional)
- Secuencias de inicio
- Secuencias de modo de precalentamiento
- Secuencias en modo normal de operación
- Secuencias en modo sin usuarios
- Secuencias de apagado
- Secuencias de control de capacidad y colocación de equipo
- Control de presión y temperatura: selección anterior, configuraciones, reinicio, etc.
- Secuencias detallas de las todas las estrategias de control, ej., controles de economizadores, inicio/alto óptimo, optimización, demanda limite, ubicación de equipo, etc.
- Efectos de la energía o falla del equipo con todas las funciones suspendidas
- Secuencia para todas las alarmas y apagado de emergencia



- Diferencias de operación estacional y recomendaciones
- Valores iniciales y recomendados para los ajustes de la configuración, puntos de inicio y parámetros que son típicamente ajustados u operados por el personal de mantenimiento; y cualquier otra configuración o valores corregidos, retrasos, etc. que pueda ser útil durante las pruebas y operación del equipo
- Programación, de conocerse
- Todas las secuencias deberán ser escritas en pequeñas declaraciones, cada una con un número de referencia. Para un sistema en particular, los números no deberán repetirse para diferentes secciones y secuencias, a menos que las secciones estén numeradas

Contra incendio y matriz de respuesta del sistema de emergencia

La matriz HVAC de contra incendio y sistema de emergencia que enlista todo el equipo y componentes (compuertas, válvulas, manejadoras de aire, etc.), desarrolla los estatus y acciones a tomar durante una alarma de fuego y bajo el sistema de emergencia. Un ejemplo de la matriz contra incendio y sistema de emergencia y de la gráfica de seguimiento se encuentra en el Apéndice 2, al final de este Anexo D.

De acuerdo a los elementos estructurales y arquitectónicos que durante esta fase se realiza por los diseñadores/ingenieros, se seleccionan los materiales, técnicas y facilitación de diseño para evacuaciones, disminución o eliminación de la propagación de incendios, lugares de protección de siniestros, problemas de emergencia, etc. El ACx revisa el diseño y regresa sus comentarios al equipo de diseño a través del arquitecto para cumplir con las metas de protección y seguridad que necesita el Dueño y sus ocupantes.

5.5 Actividad 5. Borrador del Plan de Comisionamiento para la Construcción

Cuando los planos, especificaciones tradicionales (no comisionadas) y la documentación de las metas de diseño son parcialmente completadas, antes de desarrollar las especificaciones del Cx, el ACx usa el *modelo del Plan de Comisionamiento-Fase de Construcción (Parte IV del modelo de Plan de Comisionamiento y guía de especificaciones)* para crear los borradores del Plan de la Fase de Construcción para este proyecto. El Plan contiene una lista de los sistemas y especificaciones de los sistemas y componentes a ser comisionados y los modos generales con los que serán probados y su método más probable para hacerlo.



Adicionalmente, se deben incluir las secciones, vocabulario estándar referente al proceso, responsabilidades, documentación MOE, programación y entrenamiento.

Las secciones que se encuentran en blanco en los documentos del PCx Fase de Construcción necesitan ser llenadas antes de los documentos contractuales que se encuentran a la derecha de la sección titulada “[Documentos Contractuales]”. Otras secciones en blanco son llenadas hasta después que la construcción inicia.

El ser terminado este borrador (borrador 1) del plan de la Fase de Construcción, se proveen los objetivos generales para el desarrollo de las especificaciones del comisionamiento en la construcción (Actividad 6). Posteriormente, después que todos los planos y especificaciones son completados, el ACx actualiza el PCx Fase de Construcción (se convierte en el borrador 2). La versión del borrador 2 del PCx, que es aprobada por el Dueño, se convierte en información complementaria para los contratistas durante la contratación y además se vuelven parte de los documentos de trabajo durante construcción

5.6 Actividad 6. Desarrollo de las especificaciones del Comisionamiento

Las especificaciones del Cx a ser incluidas en los documentos contractuales de la construcción son desarrollados por los miembros del Equipo de Diseño como parte del proceso de Cx durante el diseño.

Propósito

Las especificaciones proporcionan gran detalle para aquellos que son contratados entiendan de manera clara cómo funciona el proceso de Cx y específicamente que rol tendrán en el proceso. Ellos proveen los requerimientos y procesos para una apropiada ejecución del trabajo de Cx.

Especificación del contenido

Las especificaciones del Cx deben proveer a los contratistas una descripción clara y alcance de las verificaciones de pruebas requeridas, incluyendo qué componentes y sistemas serán probados, documentación, reportes y requerimientos de programación. Detalles del alcance de las pruebas, quien es el responsable de escribir las pruebas, ejecutar las pruebas, atestiguar y quien autoriza las pruebas deben ser incluidos. La relación entre y



requerimientos para el arranque, checklist de pre-funcionamiento, manual de funcionamiento, pruebas de desempeño, registros de tendencia de los sistemas de control y datos de funcionamiento independiente deberán ser dados. Pruebas de muestra deberán ser proveídas. Las especificaciones deben además detallar el entrenamiento al personal de mantenimiento, la documentación de MOE y cualquier otro requerimiento al plan de MOE. Cualquier programa específico de actividades enfocadas a la calidad de aire interior deberá ser incluido en las especificaciones.

Guía de especificaciones

Cada diseñador/ingeniero utiliza la *Guía de especificaciones del Comisionamiento*, las adapta al proyecto y las incluye en las especificaciones. El borrador 1 del *PCx-Fase de Construcción* como fue explicado en la Actividad 5 es usado para el desarrollo de la guía de especificaciones del Comisionamiento. Este plan fue elaborado temprano en el proceso de Diseño.

Coordinación, reportes y revisión

Las responsabilidades para el desarrollo de las secciones individuales de las especificaciones del Cx fueron enlistadas en la Tabla 5. La sección de revisiones de la Guía provee un listado de lo que se requiere ser dirigido en cada sección específica. El ACx coordina los esfuerzos de las especificaciones del Cx y provee asistencia necesaria a todos los miembros del equipo. Cada miembro del equipo envía las especificaciones completas de todas las divisiones que incluyan referencias con el Cx, en *formato electrónico*, *formato de copia física* al ACx para su revisión al menos dos semanas antes de la impresión final de las especificaciones. Cada página contiene el título y fecha del documento. Un documento es entregado a cada área donde las especificaciones del Cx pudieran desviarse significativamente de la Guía de especificaciones y la razón de la desviación. Cada miembro del equipo además entrega una *copia electrónica*, *copia física* al arquitecto y al gerente de proyecto.

El ACx revisa las especificaciones y expone sus comentarios de manera escrita a cada diseñador/ingeniero que edita las especificaciones de acuerdo a los requerimientos del ACx y reenvía las secciones corregidas al ACx. Las impresiones de las secciones corregidas muestran el nombre y fecha automáticamente impreso en cada página. El ACx notifica a cada diseñador/ingeniero por escrito de la autorización de su especificación. El ACx provee por escrito al arquitecto, los nombres y fechas de las secciones de las especificaciones



autorizadas de cada diseñador/ingeniero, las cuales proceden a ser impresas como especificaciones finales. Así, el ACx coordina y revisa las especificaciones correspondientes al comisionamiento.

5.7 Actividad 7. Revisión general de planos y especificaciones

El ACx, junto con los miembros del equipo de diseño tradicional, revisan los machotes completos de los documentos constructivos y las especificaciones cuando se ha completado un 50% y un 90% de la documentación. Una parte de esta revisión con las especificaciones del comisionamiento será completada en la Actividad 6-Desarrollo de las especificaciones del comisionamiento. El arquitecto hace entrega de los documentos necesarios al ACx.

El ACx compara el diseño con los intereses y necesidades del Dueño según fueron identificadas en el reporte de la programación de la fase de programación y diseño conceptual. El ACx además compara el diseño propuesto con la guía de diseño del Dueño para las áreas de implementación marcadas en la Tabla 8. De igual manera, el ACx identifica todo mejoramiento en las áreas que lo requieran para el cumplimiento de las metas, o que no fueron mencionadas específicamente en la guía de diseño de las áreas marcadas en la Tabla 8. El rigor de las revisiones realizadas por el ACx para la Tabla 8 provee una guía general.

De tal manera, el ACx puede revisar las áreas marcadas abajo, pero no son *responsables* de los conceptos de diseño, criterios de diseño o cumplimiento de normas y reglamentos. El ACx *no verifica* los cálculos realizados por los diseñadores/ingenieros o analiza los diagramas y planos a detalle. La revisión constructiva es realizada por otro equipo. El ACx hará uso de su experiencia para proporcionar información a las áreas marcadas en la Tabla 8. Por ejemplo, el ACx no verifica la sección requerida de una columna o una viga, pero puede realizar comentarios o inusuales restricciones de tamaños y resistencias mínimas aceptables.

Para el resto de las especificaciones y resto de planos que no son comisionados, el ACx entrega sus comentarios de manera escrita al arquitecto en un lapso de ____ días una vez recibidos los documentos. La revisión de las especificaciones del comisionamiento es detallada en la Actividad 6. El ACx entrega además un acopia de los comentarios al gerente de proyecto. El arquitecto responde de manera escrita al ACx y gerente de proyecto del cómo sus comentarios serán reflejados en los documentos contractuales finales.



Tabla 8. Revisión de especificaciones y planos por el ACx (50% y 90%), Actividad 7

| Área de diseño | Descripción de la revisión | Rigor |
|--|--|------------------------------|
| — Facilitación del Cx | Datos respecto a la realización del edificio fácil para ser comisionado (ver Facilitación del Cx en la Sección 5.8). | ___ moderado ___ riguroso |
| — Componentes de eficiencia energética | Revisión de la eficiencia adecuada del edificio, componentes de la fachada, sistemas HVAC y sistemas de iluminación. | ___ moderado ___ riguroso |
| — Sistemas de control y estrategias de control | Revisión de eficiencia y adecuación de ___ HVAC, ___ iluminación, ___ contra incendio, ___ sistema de control seguridad, estrategias y secuencias de operación. | ___ moderado ___ riguroso |
| — Operación y mantenimiento | Revisión de los efectos de las especificaciones de los sistemas y diseños para la facilitación de la operación y mantenimiento (accesibilidad a los equipos, sistemas de control, etc.). | ___ moderado ___ riguroso |
| — Calidad del medio ambiente interior ¹ | Revisión para el aseguramiento que los sistemas relacionados con ___ temperatura, ___ visual, ___ acústico, ___ confort y calidad del aire, ___ distribución del aire cumplen con las metas de diseño. | ___ moderado ___ riguroso |
| — Sustentabilidad medioambiental | Revisión para asegurarse que los ___ materiales de construcción, ___ paisajismo, ___ uso del agua, ___ manejo de residuos cumplen con las metas de diseño. | ___ moderado ___ riguroso |
| — Facilidad del desempeño y metas de diseño | Identificación de los signos o detalles insuficientes en el diseño, relacionado a que tan razonablemente están dispuestos a cumplir con las metas de diseño. | ___ moderado ___ riguroso |
| — Funcionalidad para los usuarios | Revisión para el aseguramiento que el diseño cumple con las necesidades de funcionalidad de los usuarios. | ___ moderado ___ riguroso |
| — Costos de ciclo de vida | Realizar un aseguramiento del ciclo de vida de forma ___ cualitativa, ___ cuantitativa de los sistemas primarias relativos a ___ energía, ___ eficiencia, ___ Operación y Mantto, ___ funcionalidad. | ___ moderado ___ riguroso |
| — Documentación de la Operación | Verifican que el plan MOE y los documentos requeridos son los adecuados. | ___ moderado ___ riguroso |



| | | |
|--|--|------------------------------|
| y Mantenimiento | | |
| — Entrenamiento | Verificar que las especificaciones de los requerimientos de entrenamiento del constructor, fabricante u otro servicio son los adecuados. | ___ moderado ___ riguroso |
| — Especificaciones del Cx | Verificar que los documentos contractuales especifican adecuadamente el comisionamiento del edificio y que hay monitoreo adecuado y puntos de control especificados para facilitar el Cx y la operación y mantenimiento (capacidades de prueba, puertos de prueba, medidores y termómetros). | ___ moderado ___ riguroso |
| — Revisión de las suposiciones de ingeniería | Revisión de las suposiciones de ingeniería relacionados con el tamaño de los equipos, decisiones de eficiencia energética y cálculos de costo-beneficio del HVAC. | ___ moderado ___ riguroso |
| — Guía de diseño del Dueño o estándar | Verificar que el diseño cumple con el diseño estándar del Dueño o guía. | ___ moderado ___ riguroso |

¹ Para realizar esta revisión, el ACx, con ayuda del Dueño para establecer los objetivos, debe hacer uso de los checklist del Apéndice 1, al final de este Anexo D. Ver la nota de exención de responsabilidad al final de la Tabla 6.

5.8 Facilitación del Comisionamiento

Una de las actividades primarias que el ACx revisa en los documentos de diseño es la facilitación del comisionamiento durante la construcción. Muchas de las características que facilitan el comisionamiento también facilitan la operación del edificio. Todos los elementos de la lista de abajo deben ser considerados para ser incorporados al proyecto. Muchos de los elementos de la lista serán apropiados para la revisión del desarrollo del diseño, mientras que la mayoría aplicara para la fase de revisión del 50% y 90% de los documentos constructivos. El ACx realizada recomendaciones al equipo de diseño a como los elementos lo necesitan. El equipo de diseño responde de manera escrita su disposición para incorporar cada elemento.

1. Rigurosa y clara documentación de diseño, incluyendo secuencias completas detalladas de operación.



2. Una matriz de respuesta del sistema de emergencia y HVAC contra incendio que enliste todo el equipo y componentes (manejadoras de aire, compuertas, válvulas, etc.) con los estados y acciones durante una alarma de fuego y bajo el sistema de emergencia. Ver el Apéndice 2, al final de este Anexo D.
3. Acceso al panel de mediciones, acceso a las puertas y paneles, observación y reemplazo de filtros, bobinas, etc.
4. Requerimiento de válvulas aisladas, compuertas, interconexiones, tuberías, etc., para permitir paros manuales, simulación de fallos, estacional y otras condiciones de pruebas.
5. Suficientes puntos de monitoreo en el sistema de automatización del edificio (SAE), incluso más de lo necesario para controlar el sistema, para facilitar la verificación del desempeño y la operación y mantenimiento.
6. Tendencias adecuadas y reportes de las características del sistema de automatización del edificio.
7. Conexión cerrada de presión y temperatura (P/T) para controlar los sensores y verificar su calibración.
8. Calibración de presión, termómetros y medidores de flujo en áreas estratégicas para verificar el desempeño del sistema y la operación y mantenimiento continua.
9. Conexión de puntos de toma de presión y temperatura (P/T) en áreas menos críticas o en equipos más pequeños donde la calibración y los termómetros no sean sobreexposados.
10. Especificación de la ubicación y el criterio para el sensor estático del ducto de las cajas de volumen variable y del sensor diferencial de presión del chiller.
11. Adecuado balanceo de válvulas, medidores de flujos y estaciones de control y funcionamiento del sistema para la facilitación y verificación confiable de pruebas y balanceo.
12. Requerimientos para la conexión de entrada uniforme a la caja terminal de volumen variable.
13. Especificaciones del comisionamiento claras y completas para la Fase de Construcción.
14. Requerimientos completos de la documentación de operación y mantenimiento en las especificaciones.
15. Requerimientos de completos del entrenamiento en las especificaciones.
16. Revisar todos los documentos y el plan de gestión de la información del edificio a lo largo de la construcción y arranque para el aseguramiento y cumplimiento con el programa del Dueño.



6. Agenda general

Las actividades del comisionamiento están integradas en el proceso típico de diseño sin ningún incremento real en el calendario de entregas. La Tabla 9 ilustra a las actividades del comisionamiento durante el diseño.

Tabla 9. Programa del Cx-Fase de Diseño

| Actividades | Programación | Desarrollo conceptual | Desarrollo del diseño | Documentos y especificaciones constructivas |
|--|--------------|-----------------------|-----------------------|---|
| 1. Coordinación | ██████████ | ██████████ | ██████████ | ██████████ |
| 2. PCx Fase de Diseño | | ██████ | | |
| 3. Revisión del desarrollo del diseño | | ██████ | | |
| 4. Doc. de las metas de diseño | ██████ | ██████ | ██████ | ██████████ |
| 5. PCx de la construcción | | | | ██████ |
| 6. Especificaciones del Cx | | | | ██████ |
| 7. Revisión de planos y especificaciones | | | ██████ | ██████ |



APENDICE 1

CHECKLIST PARA EL COMISIONAMIENTO DE LA CALIDAD DEL AIRE INTERIOR

--FASE DE DISEÑO--

Programa y conceptos de la fase

Documentar los resultados de cada una de las siguientes actividades:

1. Determinar los requerimientos de la calidad del aire interior de acuerdo con las metas de diseño iniciales de las necesidades del Dueño, normal, estándares aplicables a su región.
2. Identificación de las fuentes externas contaminantes a los alrededores del edificio: calidad general del aire del ambiente, sistemas de escape, torres de enfriamiento cercanas, chimeneas, y estacionamientos existentes o por requerir, etc.
3. Revisión de la actividad esperada de ocupación, densidad y locaciones donde sea necesaria especial atención: cocinas y salones de descanso, salas de conferencias, etc. Revisión de la necesidad de sistemas de escape o el incremento de la capacidad de suministro de aire en cada área, etc.

Desarrollo del Diseño y fase documentada de la construcción

Documentar los resultados de cada una de las siguientes actividades:

1. Asegurarse que los objetivos establecidos de la calidad de aire en la fase de programación son incluidos en el diseño y bien documentados en las metas de diseño.
2. Establecer los requerimientos de la toma de aire exterior para cada área del edificio.
3. Establecer los procedimientos para la verificación y documentación de los niveles de ventilación de cada área.
4. Establecer los niveles de flujo de aire para los sistemas de extracción necesarios, incluyendo un eliminador de fuentes de contaminantes por puntos.
5. Determinar cómo serán mantenidos los niveles de ventilación durante todos los modos de ocupación de operaciones, particularmente durante el mal funcionamiento de una caja terminal de volumen variable.
6. Revisión de la toma de aire y extracción para circuitos cortos.



7. Revisión de las fuentes externas de contaminantes como estacionamientos, muelles de carga y torres de enfriamiento.
8. Revisión del impacto de la configuración de los espacios interiores como oficinas con respecto a la ventilación efectiva.
9. Revisión de la selección del tipo y diseño de filtros, materiales y ubicaciones.
10. Revisión de las especificaciones y aplicación del material especificado HVAC de acuerdo al potencial a presentar erosión, corrosión y contaminación microbiana por el flujo de aire (materiales HVAC aislados, etc.).
11. Revisión de los componentes del sistema de suministro de aire para asegurarse del control y minimización de presencia de partículas de agua y para disminuir la contaminación microbiana (bandeja de condensación, humidificadores, eliminadores de niebla, deflectores de agua y torres de enfriamiento).
12. Verificar el acceso idóneo a puertas y puertos de inspección a todas las recamaras y componentes del sistema de tratamiento de aire. Verificar la apropiada limpieza de ambos lados de las bobinas, bandejas de condensado y/o depósitos del humidificador los cuales se pueden lograr a través de las puertas.
13. Opcional: examinar los datos de seguridad del fabricante de los productos especificados en los documentos contractuales que puedan sospecharse contribuyen a la contaminación interior (alfombras, pisos, telas, adhesivos, revestimiento de paredes, tabiques y techos; materiales aislantes e ignífugos; selladores en paredes y pisos; uso de conservantes, pinturas, barnices y otros materiales de acabados).
14. Obtener la información del fabricante sobre curado, secado y procedimientos relaciones con aire para minimizar los niveles de emisiones.
15. Verificar que las especificaciones definen los métodos y condiciones apropiadas para la operación del sistema HVAC antes del control total y la ocupación, para minimizar suciedad y partículas indeseadas entrando a los ductos trabajando, bobinas, cavidades del edificio y cualquier porción ocupada del edificio.

Nota:

El comisionamiento de la calidad del aire interior no se asegura que la calidad de aire interior será la adecuada o sin deficiencias al arranque del edificio o durante la ocupación, a menos que el Dueño haya especificado que se realicen pruebas reales de la calidad del aire. El comisionamiento de la calidad del aire interior implica la realización de actividades que reduzcan al mínimo los problemas de calidad de aire interior, pero no elimina su posibilidad.



La fuente principal para este checklist fue el Anexo C de *ASHRAE Guideline 1-1989R The HVAC Commissioning Process*, revisión borrador público, 1996.

APÉNDICE 2

--EJEMPLO--

MATRIZ DE RESPUESTA CONTRAINCENDIO Y SISTEMA DE EMERGENCIA



| COMPONENTES | RESPUESTA EN INCENDIO / ALARMA DE HUMO ⁴ | | | | | | | RESPUESTA A INTERRUPCIÓN DE ENERGÍA DE LA CALLE | | | |
|---------------------------|--|------------------|---|----------------------|--------------------|-------|--|--|--|--|--|
| | Cualquier alarma de incendio (a menos que sea indicado lo contrario) | Detector de humo | Detector de humo de ductos ⁵ | Interruptor de flujo | Alarma de incendio | Otros | Controles a usar durante un evento (Manual, SAE, etc.) | Reinicio: manual por unidad ¹ , SAE ² , inicio automático ³ | Respuesta | Controles a usar durante un evento (Manual, SAE, etc.) | Reinicio: manual por unidad ¹ , SAE ² , inicio automático ³ |
| Unidades de azotea | | | | | | | | | | | |
| Inicio / Alto | Apagar | | | | | | Apagado: sin control | Auto, pero compuertas de humo debes estar abiertas | Apagar | Ninguno | Auto, pero compuertas de humo debes estar abiertas |
| Compuertas | A normal | | | | | | NA | No | A normal | Ninguno | Auto |
| Unidades terminales | Compuertas: 100% Válvulas abiertas: sin cambios | | | | | | NA | No | Compuertas: alto cuando las válvulas: abiertas | Ninguno | Auto |
| SAE | Recibir y registrar una alarma | | | | | | Normal | NA | Ninguno (funciona con su batería de reserva) | Apagado | NA |

| COMPONENTES | RESPUESTA EN INCENDIO / ALARMA DE HUMO ⁴ | | | | | | | RESPUESTA A INTERRUPCIÓN DE ENERGÍA DE LA CALLE | | | |
|------------------|--|------------------|---|----------------------|--------------------|-------|--|--|--|--|--|
| | Cualquier alarma de incendio (a menos que sea indicado lo contrario) | Detector de humo | Detector de humo de ductos ⁵ | Interruptor de flujo | Alarma de incendio | Otros | Controles a usar durante un evento (Manual, SAE, etc.) | Reinicio: manual por unidad ¹ , SAE ² , inicio automático ³ | Respuesta | Controles a usar durante un evento (Manual, SAE, etc.) | Reinicio: manual por unidad ¹ , SAE ² , inicio automático ³ |
| Boiler | Ninguno | | | | | | Normal | Temporizados manuales | Apagado | Ninguno | Temporizados manuales |
| Bombas de boiler | Ninguno | | | | | | Normal | No | Apagado | Ninguno | Auto |
| Elevadores | Para toda alarma: ir al 1er piso. Si hay alarma en cto. de máq. o col. de elev.: ir al 2do piso. Si hay daños en la puerta del elev. en el 1er piso, ir al 2do piso. Si la temp. se eleva en el equipo: maniobras de apagado | | | | | | Manual | No | Luces encendidas: cabina se detiene donde esté | Ninguno | Auto |



| COMPONENTES | RESPUESTA EN INCENDIO / ALARMA DE HUMO ⁴ | | | | | | | | RESPUESTA A INTERRUPCIÓN DE ENERGÍA DE LA CALLE | | |
|--------------------------------|--|------------------|---|----------------------|--------------------|-------|--|--|--|--|--|
| | Cualquier alarma de incendio (a menos que sea indicado lo contrario) | Detector de humo | Detector de humo de ductos ⁵ | Interruptor de flujo | Alarma de incendio | Otros | Controles a usar durante un evento (Manual, SAE, etc.) | Reinicio: manual por unidad ¹ , SAE ² , inicio automático ³ | Respuesta | Controles a usar durante un evento (Manual, SAE, etc.) | Reinicio: manual por unidad ¹ , SAE ² , inicio automático ³ |
| Sistema normal iluminación | Ninguno | | | | | | Normal | No | Apagado | Ninguno | Auto |
| Sistema emergencia iluminación | Ninguno | | | | | | Normal | No | Ninguno: pasa a sist. Emerg. | SAE | NA |
| Manejo de información | Ninguno | | | | | | Ninguno | NA | Ninguna: pasa a sist. Emerg. + UPS | Normal | NA |
| Sistema de paginación | Ninguno | | | | | | Ninguno | No | Apagado | Ninguno | Auto |
| Sistema de seguridad | Opera normalment e enviando alarmas | | | | | | Ninguno | NA | Ninguna: pasa a sist. Emerg. + batería de respaldo | Normal | NA |
| Compuertas contraincendio/humo | Todas cerradas | | | | | | Reinicio auto si el fusible no lo suelta | NA | Ninguno: lentamente bajan y cierran | Normal | NA |
| Puertas de emergencia | Todas cerradas excepto farmacia | | | | | | Reinicio manual | NA | Ninguna: pasa a sist. Emerg. + batería de respaldo | NA | NA |

| COMPONENTES | RESPUESTA EN INCENDIO / ALARMA DE HUMO ⁴ | | | | | | | | RESPUESTA A INTERRUPCIÓN DE ENERGÍA DE LA CALLE | | |
|--|--|------------------|---|----------------------|--------------------|-------|--|--|---|--|--|
| | Cualquier alarma de incendio (a menos que sea indicado lo contrario) | Detector de humo | Detector de humo de ductos ⁵ | Interruptor de flujo | Alarma de incendio | Otros | Controles a usar durante un evento (Manual, SAE, etc.) | Reinicio: manual por unidad ¹ , SAE ² , inicio automático ³ | Respuesta | Controles a usar durante un evento (Manual, SAE, etc.) | Reinicio: manual por unidad ¹ , SAE ² , inicio automático ³ |
| Generadores de emerg. Y UPS | Ninguno | | | | | | NA | NA | Entra en línea y las alarmas a seguridad | Normal | NA |
| Circuitos de emergencia | Ninguno | | | | | | NA | NA | Ninguno: van con el sist. Emerg. | Normal | NA |
| Funciones del sist. De alarma contraincendio | Operación normal | | | | | | NA | NA | Ninguno: se conecta al sist. de emerg. + batería de reserva | Normal | NA |

Comunicación con el exterior

| | | | | | | | | | | | |
|---------------------|---|--|--|--|--|--|----|----|--|----|----|
| Dueño | Mensaje de emerg. vía segura (Cia. Seg.) | | | | | | NA | NA | Recibe mensaje vía Cia. Seg. | NA | NA |
| Seguridad del Dueño | Mensaje de emerg. vía marcación en edificio | | | | | | NA | NA | Recibe mensaje vía marcación Cia. Seg. Debido a que UPS inicia | NA | NA |



| | | | | | | | | | | | |
|-----------------|-------------------------------|--|--|--|--|--|----|----|---------|----|----|
| Depto. bomberos | Alarma vía segura (Cia. Seg.) | | | | | | NA | NA | Ninguno | NA | NA |
|-----------------|-------------------------------|--|--|--|--|--|----|----|---------|----|----|

¹ Requiere reinicio manual en los paneles y SAE correspondientes para reiniciar una vez que la energía ha sido restaurada o la alarma de incendio ha sido liberada.

² La estación de trabajo del sistema de automatización del edificio (SAE) puede ser reiniciado una vez que la alarma de incendio ha sido liberada y la energía ha sido restaurada.

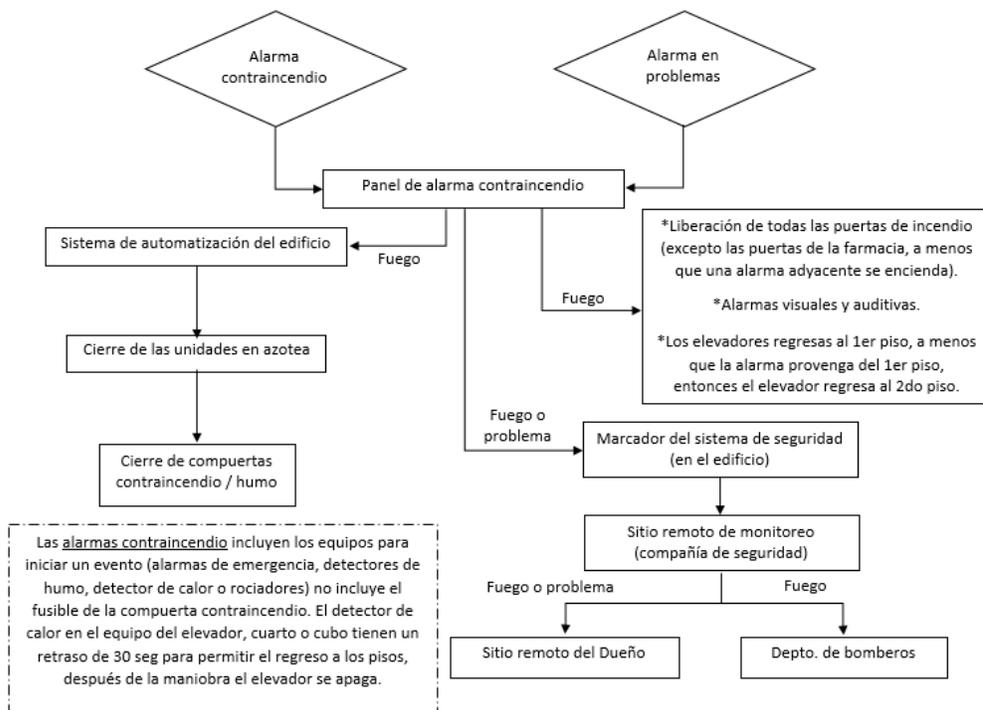
³ Será automáticamente reiniciado una vez que la alarma de incendio ha sido liberada y la energía ha sido restaurada.

⁴ Esto no incluye problemas de las alarmas o un libramiento de las compuertas de incendio debido a los fusibles, o la detección de calor o humo en la columna del elevador o cuarto de máquinas. Un detector de humo en la columna del elevador o el cuarto de máquinas provoca al elevador ir al 2do piso.

⁵ Un detector en el ducto provoca una alarma general y apagará todos los RTU. Solo los RTU asociados con una alarma activada requerirán reinicio manual en el panel principal. Durante una alarma general normal, todos los RTU son automáticamente reiniciados una vez que se reinicia el panel de la alarma de incendio.

--EJEMPLO--

GRÁFICA DE FLUJO DE LA SECUENCIA DE ALARMA CONTRAINCENDIO





ANEXO E

CHECKLIST CONSTRUCTIVOS

--**Nota:** este documento es una traducción del documento nombrado originalmente como *ASHRAE Guideline 0-2013 The Commissioning Process, Informative Annex M Construction Checklists*, esta traducción fue realizada por el autor y contiene algunas adaptaciones del texto original para ser utilizado en este documento de tesis.--

--Este anexo proporciona un ejemplo de cómo implementar parte de las guías. No se pretende que sea una representación comprensiva o un buen ejemplo práctico. Los profesionales que aplican el proceso Cx deberán seguir las guías cuidadosamente así como las directrices y técnicas de comisionamiento adaptadas para sus proyectos específicos.--

Visión General

Los checklist constructivos pueden ser de dos tipos:

- a. **Basada en componentes/equipos.** Estos checklist constructivos son usados para los componentes y piezas de equipo que son entregadas, instaladas e iniciadas durante la construcción. Existe un checklist individual por cada componente individual o pieza de equipo.
- b. **Basada en sistema/montaje.** Estos checklist constructivos son usados por sistemas y montajes donde los checklist separados no pueden ser aplicados a los subcomponentes del sistema o montaje. Hay un solo checklist para el sistema completo.

A continuación, se provee una estructura genérica a seguir para el desarrollo de los checklist para cualquier equipo, componente, sistema o montaje.

CHECKLIST DE [INGRESE EL NOMBRE DEL COMPONENTE/EQUIPO]

ETIQUETA ID: _____



INSTRUCCIONES GENERALES:

1. Este formato debe ser llenado mientras el trabajo es completado en [ingrese el nombre del componente/equipo].
2. Complete la sección 1- Verificación del modelo, al momento de la entrega del componente/equipo ya sea al sitio de trabajo o al lugar de almacenamiento.
3. Complete la sección 2- Chequeo previo a la instalación, justo antes de iniciar la instalación.
4. Complete la sección 3- Instalación, mientras la instalación está progresando.
5. Llene los datos, encierre la opción e iniciar como se indica.

1. Verificación del modelo [ingrese nombre del componente/equipo]

| | Especificado | Entregado | Instalado |
|--|--------------|-----------|-----------|
| [Lista de los elementos a verificar, como la marca, modelo y tamaño] | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |



2. Verificación previa a la instalación

La siguiente tabla debe ser llenada durante la llegada del componente/equipo al sitio de trabajo.

| | | Contratista | Inicial | ACx |
|-----------|--|-------------|---------|-----|
| 2A | Verificación física | | | |
| | [Ingrese los parámetros físicos a ser verificados antes de la instalación, como “sin daños” y “limpio”] | Si/No | | |
| | | Si/No | | |
| | | Si/No | | |
| | | Si/No | | |
| 2B | Verificación de componentes | | | |
| | [Ingrese los parámetros del componente a ser verificados antes de la instalación, como ubicación y tipo de componente] | Si/No | | |
| | | Si/No | | |
| | | Si/No | | |
| | | Si/No | | |

3. Instalación

Los siguientes puntos deben ser verificados durante la instalación. Ingrese en los espacios en blanco los parámetros, información específica, o encierre “Si” o “No”. Para respuestas negativas completar la sección 4.



| | | Contratista | Iniciales del contratista | ACx |
|-----------|---|-------------|---------------------------|-----|
| 3A | [Ingrese el título del paso más grande en la instalación] | | | |
| | [Ingrese los puntos a verificar mientras el paso de la instalación es completado] | Si/No | | |
| | | Si/No | | |
| | | Si/No | | |
| | | Si/No | | |
| 3B | [Ingrese el título del paso más grande en la instalación] | | | |
| | [Ingrese los puntos a verificar mientras el paso de la instalación es completado] | Si/No | | |
| | | Si/No | | |
| | | Si/No | | |
| | | Si/No | | |
| 3C | [Ingrese el título del paso más grande en la instalación] | | | |
| | [Ingrese los puntos a verificar mientras el paso de la instalación es completado] | Si/No | | |
| | | Si/No | | |
| | | Si/No | | |
| | | Si/No | | |
| 3D | [Ingrese el título del paso más grande en la instalación] | | | |



| | | | | |
|-----------|---|-------|--|--|
| | [Ingrese los puntos a verificar mientras el paso de la instalación es completado] | Si/No | | |
| | | Si/No | | |
| | | Si/No | | |
| | | Si/No | | |
| 3E | [Ingrese el título del paso más grande en la instalación] | | | |
| | [Ingrese los puntos a verificar mientras el paso de la instalación es completado] | Si/No | | |
| | | Si/No | | |
| | | Si/No | | |
| | | Si/No | | |

4. Respuestas negativas (agregue tantas hojas sea necesario)

| Elemento | Razón para la respuesta negativa | Propuesta |
|-----------------|---|------------------|
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |

CHECKLIST DE [INGRESE EL NOMBRE DEL SISTEMA/MONTAJE]



INSTRUCCIONES GENERALES

1. Este formato debe ser completado diariamente por cada equipo de trabajo para [ingrese nombre del sistema/montaje] al final de su turno.
2. Fecha y descripción del trabajo completado en la sección apropiada (1 pre-instalación y 2 para la instalación).
3. Verifique que los requerimientos de calidad sean completados encerrando "SI" o "No". Para respuestas negativas completar la sección 3.
4. Iniciar.

1. Verificación previa a la instalación de [ingrese nombre de sistema/montaje].

| Fecha | Descripción del trabajo realizado | Artículos (vea las descripciones abajo) | | | | | Porcentaje completado | Inicial |
|-------|-----------------------------------|---|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|-----------------------|---------|
| | | [Ingrese título A] | [Ingrese título B] | [Ingrese título C] | [Ingrese título D] | [Ingrese título E] | | |
| | | Si/No | Si/No | Si/No | Si/No | Si/No | | |
| | | Si/No | Si/No | Si/No | Si/No | Si/No | | |
| | | Si/No | Si/No | Si/No | Si/No | Si/No | | |
| | | Si/No | Si/No | Si/No | Si/No | Si/No | | |
| | | Si/No | Si/No | Si/No | Si/No | Si/No | | |
| | | Si/No | Si/No | Si/No | Si/No | Si/No | | |
| | | Si/No | Si/No | Si/No | Si/No | Si/No | | |

[INGRESE TÍTULO A]:

[INGRESE DESCRIPCIÓN DE TÍTULO A]

[INGRESE TÍTULO B]:

[INGRESE DESCRIPCIÓN DE TÍTULO B]

[INGRESE TÍTULO C]:

[INGRESE DESCRIPCIÓN DE TÍTULO C]

[INGRESE TÍTULO D]:

[INGRESE DESCRIPCIÓN DE TÍTULO D]

[INGRESE TÍTULO E]:

[INGRESE DESCRIPCIÓN DE TÍTULO E]



2. Verificación durante la instalación de [ingrese nombre de sistema/montaje].

| Fecha | Descripción del trabajo realizado | Artículos (vea las descripciones abajo) | | | | ¿Planos actualizado? | Porcentaje completado | Inicial |
|-------|-----------------------------------|---|--------------------|--------------------|--------------------|----------------------|-----------------------|---------|
| | | [Ingrese título F] | [Ingrese título G] | [Ingrese título H] | [Ingrese título I] | | | |
| | | Si/No | Si/No | Si/No | Si/No | | | |
| | | Si/No | Si/No | Si/No | Si/No | | | |
| | | Si/No | Si/No | Si/No | Si/No | | | |
| | | Si/No | Si/No | Si/No | Si/No | | | |
| | | Si/No | Si/No | Si/No | Si/No | | | |
| | | Si/No | Si/No | Si/No | Si/No | | | |
| | | Si/No | Si/No | Si/No | Si/No | | | |
| | | Si/No | Si/No | Si/No | Si/No | | | |

[INGRESE TÍTULO F]:

[INGRESE DESCRIPCIÓN DE TÍTULO F]

[INGRESE TÍTULO G]:

[INGRESE DESCRIPCIÓN DE TÍTULO G]

[INGRESE TÍTULO H]:

[INGRESE DESCRIPCIÓN DE TÍTULO H]

[INGRESE TÍTULO I]:

[INGRESE DESCRIPCIÓN DE TÍTULO I]

ACTUALIZACIONES DE PLANOS: EL SISTEMA INSTALADO ES MOSTRADO EN EL REGISTRO DE PLANOS



3. Conflictos (agregue cuantas hojas sea necesario)

| Fecha | Descripción del conflicto | Propuesta sugerida | ¿Resuelto? |
|-------|---------------------------|--------------------|------------|
| | | | Si/No |



ANEXO F EJEMPLOS DE MUESTREO BASADOS EN LA CALIDAD

--**Nota:** este documento es una traducción del documento nombrado originalmente como *ASHRAE Guideline 0-2013 The Commissioning Process, Informative Annex N Quality-based Sampling Examples*, esta traducción fue realizada por el autor y contiene algunas adaptaciones del texto original para ser utilizado en este documento de tesis. --

--Este anexo proporciona un ejemplo de cómo implementar parte de las guías. No se pretende que sea una representación comprensiva o un buen ejemplo práctico. Los profesionales que aplican el proceso Cx deberán seguir las guías cuidadosamente, así como las directrices y técnicas de comisionamiento adaptadas para sus proyectos específicos. --

Remisiones en la Fase de Construcción.

El enfoque de la revisión de los submittals del contratista por el ACx durante la construcción difiere del usado por el profesional de diseño. Mientras que el profesional de diseño revisa todos los submittals basado en los documentos de contrato (especificaciones), el ACx compara una muestra (típicamente 5%-10%) de los submittals contra los RDP y la BDD. Este enfoque distinto es debido al hecho de que el papel del proceso de Cx es el de verificar el cumplimiento de los RDP usando herramientas de calidad.

Lo siguiente son recomendaciones generales para implementar muestras basadas en calidad para los submittals del contratista.

- a. Submittal recibida: verificar si el submittal está dentro del alcance de proceso de comisionamiento.
- b. Seleccionar una muestra para revisión.
 - 1 Único/pocos (<10) componentes: elija cada "x" parte del submittal- por ejemplo, en un submittal de 10 páginas, para obtener una muestra del 10%, divida cada página en 6 partes y seleccione cada décimo bloque (resultando en 6 bloques para revisar).
 - 2 Componentes múltiples: elija cada componente "y" (típicamente 20%-30% de los componentes) y entonces divida y seleccione los bloques según lo detallado en el punto anterior para "único/pocos (<10) componentes".
- c. Completar revisión: para cada bloque de muestra, revise la información contenida contra los RDP y las BDD. Identificando discrepancias.



- d. Resultados: Documente los resultados de las revisiones. Típicamente, si problemas son identificados de manera consistente, la calidad general del submittal para lograr el RDP es insuficiente y la recomendación dada al profesional de diseño debe ser la de rechazar el submittal. En el reporte del ACx, es importante que se establezca qué enfoque de muestreo fue utilizado para evitar que el profesional de diseño u otros asuman que el ACx reviso todo.

Pruebas y verificaciones de la Fase de Construcción.

El objetivo de realizar visitas al sitio y pruebas del proceso de Cx es el de la verificación constante de la ejecución de los RDP. Dado que el contratista es 100% responsable de la construcción y verificación del trabajo, el proceso de Cx utiliza una estrategia de muestreo para lograr las verificaciones y pruebas.

- a. Comprobación de checklist constructivos. Durante las visitas al sitio, los checklist constructivos son verificados (normalmente 2%-10%). Lo siguiente son lineamientos generales para seleccionar y verificar los checklist constructivos.
- 1 Identificar los checklist constructivos previamente completados: identificar los checklist constructivos que han sido completados desde la última visita al sitio.
 - 2 Seleccionar muestra: Dependiendo de la velocidad de la construcción y el tamaño del proyecto, el número de checklists puede variar ampliamente. Lo siguiente es una guía general para las tasas de muestras basadas en el número de nuevos checklists. Por favor note que no está diseñada para ser usada directamente en su proyecto, esto debido a las muchas variables que intervienen en determinar tasas de muestra aceptables, así como también las aportaciones del dueño. Seleccione el listado a ser verificado de manera aleatoria. Recuerde que normalmente se desea probar componentes similares como un grupo, de esta forma si solo hay 1 o 2 unidades de un elemento particular este no es omitido. Debido a que la tasa de pruebas es menor para estos componentes comparados con los demás, puede comparar resultados entre componentes similares de manera más simple.



| <u># checklist constructivos</u> <u>nuevos</u> | <u>Tasa de muestreo global</u> | <u>Índice de muestreo de</u> <u>componentes</u> |
|---|--------------------------------|--|
| <u>1-10</u> | <u>100%</u> | <u>70%-100%</u> |
| <u>11-20</u> | <u>80%</u> | <u>50%-70%</u> |
| <u>21-50</u> | <u>50%</u> | <u>30%-50%</u> |
| <u>51-100</u> | <u>30%</u> | <u>15%-30%</u> |
| <u>>100</u> | <u>2-20%</u> | <u>2%-10%</u> |

- 1 Realizar verificación: para la muestra seleccionada, compare el checklist constructivo completado contra la construcción real. Prestando atención particularmente a los RDP comunes como, accesibilidad, mantenibilidad y las preparaciones para futuras instalaciones. También verifique los planos contra la construcción real.

Pruebas del proceso de Cx: Las preparaciones para las pruebas del proceso de Cx incluyen todas las actividades completadas durante las fases de Prediseño, Diseño y Construcción, incluyendo las revisiones de diseño, las revisiones de submittals, las verificaciones de checklist constructivos y la verificación de las pruebas y de arranque de sistemas del contratista. Por lo tanto, el papel de las pruebas del proceso Cx es proveer la última carta de reporte del proyecto, con la expectativa de obtener una A+.

Esta forma de abordar el proceso utiliza muestreo para evaluar de mejor manera el cumplimiento de los RDP ya que este permite un proceso de prueba más preciso, así como el mejor análisis de los resultados.

El mismo enfoque de muestro utilizado para los checklist constructivos puede ser usado para las pruebas del proceso de Cx. La diferencia es que en lugar de usar los checklist constructivos completados como el grupo de muestreo, el enfoque de las pruebas se encontraría en el grupo de selección. Por ejemplo, los siguientes son grupos de selección potenciales para su RDP.

1. Comfort: los cuartos/espacios individuales en el edificio.
2. Recinto exterior: Los componentes individuales o tipos de ensamblaje, o cada interfaz entre componentes/equipo.
3. Energía. Componentes que utilizan energía.



ANEXO G

MODELO DE PCx PARA LA CONSTRUCCIÓN

--**Nota:** este documento es una traducción del documento nombrado originalmente como Part IV Model Commissioning Plan --Construction Phase— elaborado por Portland Energy Conservation, Inc. (PECI) bajo el patrocinio de la Oficina de Energía de Oregón y el Departamento de Energía de E.U.A., esta traducción fue realizada por el autor y contiene algunas adaptaciones del texto original para ser utilizado en este documento de tesis. --

Este anexo es un modelo creado con el propósito de proveer instrucciones solamente. No intenta ni está aprobado para servir como un formato estándar. Los usuarios de este documento deberían consultar con personal calificado con respecto a su comisionamiento y otros documentos.

Inicialmente patrocinado por el Departamento de Energía de E.U.A. (V. 2.04) y después por la Oficina de Energía de Oregón (V. 2.05) y preparado por Portland Energy Conservation, Inc. Por sus siglas en ingles PECI, V. 2.05. Febrero 1998.

MODELO DE PLAN DE COMISIONAMIENTO (PCx) - FASE DE CONSTRUCCIÓN

Resumen

El *Plan de Comisionamiento de la Fase de Construcción* se realiza a manera de borrador para el proyecto específico durante la Fase de Diseño. Durante la Fase de Diseño, el plan provee dirección al equipo de diseño para el desarrollo de las especificaciones para el Comisionamiento en sitio. Durante la Fase de Construcción, el plan provee dirección durante la construcción para las tareas de Comisionamiento. Este plan se centra en proporcionar soporte para las especificaciones y provee los lineamientos para la aplicación del proceso de comisionamiento.



Plan de Comisionamiento – Fase de Construcción

Proyecto: _____

 Contacto _____
 gerente: _____
 Fecha: _____

| <u>Versión de PCx</u> |
|--------------------------------------|
| __ Borrador 1- Fase de diseño |
| __ Borrador 2- Documentos Propuestos |
| __ PCx final |

| | | | |
|---------------------|-------|--------|-------|
| Aprobación de Plan: | _____ | _____ | _____ |
| | Firma | Puesto | Fecha |

1. Generalidades

1.1 Abreviaturas y Definiciones

Las siguientes son abreviaturas comunes usadas en este documento:

| | | | |
|-----|----------------------------------|------|-------------------------------------|
| A/E | Arquitectos/Ingenieros de diseño | PF | Prueba de desempeño funcional |
| ACx | Agente de comisionamiento | CG | Contratista general |
| CC | Contratista de control | CM | Contratista mecánico |
| GC | Gerente de Construcción | PC | Lista de revisiones pre-funcionales |
| Cx | Comisionamiento | GP | Gerente de proyecto |
| PCx | Plan de Comisionamiento (docto.) | Subs | Subcontratista general |
| CE | Contratista Eléctrico | TAB | Contratista de pruebas y balance |

Las secciones marcadas con [Doctos propuestos] en el margen derecho denotan secciones que incluyen formatos que pueden ser llenados antes de las propuestas de construcción. Otros formatos no serán llenados sino hasta después de iniciada la construcción.

1.2 Propósito del Plan de Comisionamiento.

El propósito del Plan de Comisionamiento en la fase de construcción es:



- Proveer dirección a los A/E para el desarrollo de las especificaciones de Comisionamiento, durante la última parte de la fase de diseño.
- Proveer dirección para el proceso de Comisionamiento durante la construcción, particularmente proveyendo resoluciones para diversas cuestiones, así como proveyendo detalles de aquellas que no se hayan podido resolver, o cuya resolución no haya sido desarrollada por completo durante la fase de diseño, tales como programación de actividades, interacción de diversas partes de este proyecto en particular, lineamientos para la presentación de reportes y aprobaciones, coordinación, etc.

Este plan no provee una explicación detallada de los procedimientos de pruebas requeridos. Adicionalmente, este plan no provee una explicación detallada de todos los conceptos de Comisionamiento, los cuales se encuentran en otras guías referentes al tema.

1.3 Alcance del comisionamiento

El Comisionamiento es un proceso sistemático usado para asegurar que todos los sistemas de una edificación se desempeñen interactivamente de acuerdo con las premisas de diseño y las necesidades operativas del dueño. Esto se obtiene iniciando desde la Fase de Diseño, documentando las variantes de diseño propuestas y continuando durante la construcción, entrega y periodo de garantía con una verificación de desempeño real.

El Comisionamiento durante la construcción de este proyecto pretende alcanzar los siguientes objetivos específicos:

De acuerdo con los documentos de contrato:

- Asegurar que los equipos y sistemas aplicados sean instalados apropiadamente y reciban una revisión operacional adecuada por los contratistas integradores.
- Verificar y documentar apropiadamente el desempeño de los diversos equipos y sistemas.
- Asegurarse que la documentación de la operación y el mantenimiento dejada en sitio es completa.
- Asegurarse que el personal operativo del dueño está adecuadamente entrenado.



1.4 Sistemas comisionados [Doctos. propuestos]

Los sistemas marcados a continuación serán comisionados en este proyecto. Refiérase a la Sección 6 para detalles adicionales. Todas las referencias a equipo en general contenidas en este documento se refieren únicamente al equipo a ser comisionado.

Sistemas HVAC (incluyendo todo el equipo de control integral)

___ Sistemas de enfriamiento (incluyendo controles, equipos refrigerantes, torres de enfriamiento, tuberías, bombas y reguladores de velocidad)

___ Sistemas de calefacción (incluyendo controles, calderas y calentadores, tuberías, bombas y reguladores de velocidad)

___ Bombas

___ Reguladores de velocidad

___ Intercambiadores de calor

___ Tuberías, limpieza y desazolve

___ Tratamientos químicos

___ Ductería

___ Unidades manejadoras de aire (UMA)

___ Unidades de acondicionamiento de aire integral DX tipo paquete (bombas de calor o refrigerantes)

___ Sistemas de acondicionamiento de aire divididos (minsplit, split y fan & coil)

___ Enfriadores de aire evaporativo

___ Unidades condensadoras con refrigeración evaporativa

___ Unidades evaporadoras

___ Prueba, ajuste y balanceo de trabajo

___ Unidades calefactoras

___ Sistema de automatización climática del edificio (Dispositivos controlados, lazos de control e integración de sistemas)



Sistemas eléctricos

- ___ Controles de iluminación programada y de barrido
- ___ Controles de iluminación diurna y de atenuación
- ___ Calidad de energía del sistema eléctrico
- ___ Sistema de comunicaciones
- ___ Sistema de seguridad
- ___ Sistema de energía de emergencia
- ___ Sistema de suministro de energía ininterrumpida (UPS)

Sistemas de seguridad

- ___ Sistema de alarma contra incendios
- ___ Sistema de presurización de salidas
- ___ Sistema de supresión/control de incendios

Plomería

- ___ Bombas de presurización domésticas
- ___ Calentadores de agua domésticos
- ___ _____

Laboratorios/Clínicas

- ___ Campanas extractoras
- ___ Aislamiento de espacios
- ___ Procesamiento de gas _____

Otros

- ___ Elevador



____ Equipo de extracción de cocina

____ Equipos y sistemas de refrigeración

____ Cuartos fríos

____ Gabinetes

____ Compresores y condensadores

____ Sistema de control

1.5 Formularios

Se hará referencia a los formularios usados durante el comisionamiento con el formato: *Formulario D-xx* o *C-xx* donde “D” representa la Fase de Diseño y “C” la Fase de Construcción. Los formularios en blanco, así como ejemplos de llenado, se encuentran en el apéndice 1 de este plan.

2. Información general de la construcción [Doctos. propuestos]

Proyecto:

Ubicación:

Tipo de edificación (oficina, patio, etc.):

Área: _____ Número de pisos: _____

Giro: _____ Ocupantes: _____

Periodo de construcción: _____



3. Datos del equipo de Construcción/Cx (Partidas primarias)

| Miembros del equipo | Nombres de contacto | Datos de contacto (domicilio, teléfono, fax, correo) |
|--|---------------------|--|
| Dueño Gerente de proyecto Ingeniero residente Administrador _____ | | |
| | | |
| | | |
| | | |
| Gerente de Construcción Contacto de obra Mecánico | | |
| | | |
| Contratista General Supervisor de obra Coordinador de obra | | |
| | | |
| Agente de comisionamiento | | |
| Arquitecto | | |
| Proyectista mecánico | | |
| Proyectista eléctrico | | |
| Representante de los ocupantes | | |
| Contratista mecánico Supervisor de obra HVAC Contratista de ducterías Contratista de laminados | | |
| | | |
| | | |



| | | |
|---|--|--|
| Contratista eléctrico Supervisor de obra | | |
| Contratista TAB | | |
| Contratista de control Gerente de proyecto Ingeniero proyectista | | |

4. Roles y responsabilidades

4.1 Descripción de roles: Localización de conceptos [Doctos. propuestos]

La descripción y explicación de los roles y sus responsabilidades en el proceso de Comisionamiento podrán ser consultados en las siguientes ubicaciones de los documentos de contrato:

Listado de miembros del equipo: *PCx 4.2*

Planteamiento del plan de administración: *PCx 4.3*

Roles generales: *PCx 4.4*

4.2 Integrantes del equipo

Los integrantes del Equipo de Comisionamiento consisten en los ACx, GP, miembros asignados por el GP, CG, A/E (particularmente el ingeniero mecánico), el contratista mecánico, contratista eléctrico, representante del TAB, contratista de control y cualquier otro subcontratista instalador o proveedor de equipo. Si el dueño ha asignado a un ingeniero/operador de su planta o edificio, este será también integrante del equipo de comisionamiento.

4.3 Plan de administración general [Doctos. propuestos]

El ACx es contratado por el __GC, __CG, __A/E, __GP directamente. En general, el ACx coordinará las actividades de comisionamiento y le reportará al __GP, __CG, __A/E. Las responsabilidades del ACx, junto con las demás responsabilidades de los contratistas de comisionamiento, se encuentran detalladas en las especificaciones. Las especificaciones



tomarán precedencia sobre este PCx. Todos los miembros trabajarán en conjunto para cumplir con las responsabilidades que les hayan sido contratadas, así como para alcanzar los objetivos de los Documentos de Contrato. Refiérase a la sección de protocolos de administración más adelante.

4.4 Descripción general de roles

La descripción general de los roles dentro del comisionamiento será como sigue:

ACx: Coordina el proceso de Cx, genera pruebas, supervisa y documenta las pruebas de desempeño.

GC: Facilita el proceso de Cx. Aprueba los planes de prueba y los emite durante el desarrollo, si el ACx no fue asignado por el GC.

CG: Facilita el proceso de Cx, asegura que los Subs desempeñen sus responsabilidades e integra el Cx dentro del proceso obra y su programa.

Subs: Demuestran el adecuado desempeño del sistema.

A/E: Observan el desarrollo de la construcción, aprueban los manuales de operación y mantenimiento, además asisten en la resolución de problemas

GP: Facilita y apoya el proceso de Cx, además otorga la aprobación final del trabajo de Cx.

Fabs: Los fabricantes y vendedores de equipo proveen la documentación para facilitar el trabajo de comisionamiento, y ejecutan el arranque contratado.

5. Proceso de Comisionamiento

5.1 Reunión de alcances del Comisionamiento [Doctos. propuestos]

Una reunión de alcances del Cx será planeada y conducida por el ACx dentro de los ___ [90] días de iniciada la construcción. En presencia de los respectivos representantes de los CG, GC, ACx, GP, A/E y los Subs mecánicos, eléctricos, de control y TAB. Durante la reunión, las partidas del Cx serán presentadas y el proceso de Cx revisado, administrado y las vías de reporte determinadas. Entre otras cosas, será discutido también el flujo de documentos, así como cuanta de la información emitida recibirá el ACx. El PCx será revisado, las preguntas del proceso serán direccionadas, las vías de reporte y comunicación serán determinadas, y las listas de resultados discutidas. También se determinará la lista general de las responsabilidades por partida y será propuesto el programa de Cx. El resultado de la reunión será una mayor comprensión de todas las partidas del proceso de Cx, y sus respectivas responsabilidades. La reunión proveerá al ACx de la información necesaria para concretar el PCx, incluyendo el programa de Cx.



5.2 Fase final del Plan de Comisionamiento - Construcción [Doctos. propuestos]

El ACx finaliza el borrador del PCx usando la información obtenida de la reunión de alcances. El programa inicial será desarrollado junto con una detallada línea de tiempo llamándola *Programa Detallado de Comisionamiento*. La línea de tiempo será ajustada conforme al progreso de construcción. En particular __ [60] días antes del arranque del equipo primario, el ACx se reunirá con el CG y el GC para desarrollar un programa de Cx detallado. El PCx será aprobado por el GC.

5.3 Observaciones en Sitio

EL ACx y en su caso el GC, realizarán visitas periódicas al sitio, según sea necesario, para observar las instalaciones de equipos y sistemas.

5.4 Reuniones diversas

El ACx atenderá ciertas reuniones de planeación y trabajo en sitio con la finalidad de mantenerse informado sobre el progreso de la construcción y actualizar las partidas involucradas en el Cx. El GC y el CG proveerán al ACx información sobre sustituciones, órdenes de cambios y cualquier Instrucción Arquitectónica Suplementaria (IAS) que pueda afectar al equipo o sistemas comisionados, o al programa de Cx. El ACx deberá revisar las minutas de las reuniones de construcción, ordenes de cambios o IAS para el mismo propósito.

Posteriormente durante la construcción, las reuniones necesarias entre los diversos equipos involucrados en el Cx deberán ser programadas por el ACx, a través del GC, según se requiera.

5.5 Protocolos de administración diversos

Los siguientes protocolos serán usados en este proyecto:



| <u>Tema</u> | <u>Protocolo</u> |
|---|---|
| Requerimientos de información (RDI) o requerimiento formal de documentación: | El ACx acudir  primero: __directamente a los Sub o A/E, __por medio del GC, __por medio del CG. |
| Aclaraciones de información mínima o verbal: | El ACx acudir  directamente con el equipo que emitió dicha información. |
| Notificar deficiencias a contratistas: | EL ACx documentará dicha deficiencia mediante el GC, pero podrá discutir el tema de la deficiencia con el contratista previo notificar al GC. |
| Programar entrenamiento o pruebas de funcionamiento: | __El ACx puede aportar información o apoyar en la coordinación de pruebas o entrenamiento, pero no realiza dicho programa. |
| Programar reuniones de comisionamiento: | El ACx elegir  la fecha y programará a través de: __GC, __CG. __El ACx programará y notificará directamente a los involucrados. |
| Realizar requerimientos de cambios importantes: | El ACx carece de autoridad para involucrar órdenes de cambios. |
| Realizar pequeños cambios en secuencias especificadas de operación: | __El ACx puede realizar pequeños cambios de secuencias de operación para mejorar la eficiencia o control, o bien corregir deficiencias, por medio del contratista responsable, pero deberá documentar el cambio y presentar  todos los cambios de secuencias especificadas al GC y A/E. __El ACx no deberá realizar cambios a secuencias especificadas sin aprobación del A/E. |
| Los contratistas en desacuerdo con los requerimientos e interpretaciones del ACx deberán: | Intentar primeramente resolver las discrepancias con el ACx. Posteriormente trabajar por medio del CG qu n a su vez trabajar  directamente con el ACx o por medio del GC para resolver la situación |



Los protocolos adicionales acerca del flujo de documentos y el proceso de comisionamiento se muestran en el apéndice 2.

5.6 Reporte y registro de progreso

Al inicio de la construcción el ACx proveerá al GC con reportes del progreso de comisionamiento mensuales. Treinta (30) días anteriores a la puesta en marcha de la primera pieza de equipo mayor, la frecuencia de los reportes de progreso deberá ser incrementada al doble por mes, hasta que la puesta en marcha sea completada. Treinta (30) días antes de que las pruebas funcionales de equipo inicien, será requeridos reportes de progreso semanales hasta que todas las pruebas funcionales, así como todos los asuntos de no-conformidades sean resueltos. El GC podrá ajustar la frecuencia de los reportes según se requiera. Los reportes de progreso contendrán: una actualización del programa con una lista de solicitudes de cambios y los nuevos puntos añadidos al programa, una lista de deficiencias nuevas y pendientes, una descripción del progreso del comisionamiento con respecto al PCx, etc. El ACx mantendrá un registro de todos los temas relacionados con el comisionamiento que requieran atención presente o futura en un documento que se llamará *Registro de Asuntos de Comisionamiento*. Este documento es usado para dar seguimiento de todas las acciones realizadas en cada asunto registrado durante el tiempo que tome que el asunto sea resuelto y verificado. Asimismo, se utilizará una *Bitácora del Progreso de Comisionamiento*, la cual dará seguimiento al estado sobre la documentación y pruebas para cada pieza de equipo y sistema (e.g. instalador, responsable de la partida de puesta en marcha, fechas de aprobación para listas de revisión y formularios de pruebas, su llenado, entrenamiento, revisión de la documentación de operación y mantenimiento, etc.)

El ACx se comunicará regularmente con todos los miembros del equipo de comisionamiento, manteniéndolos informados sobre el progreso de Cx y la programación de asuntos a través de memos, reportes de progreso, etc.

EL ACx mantendrá todo material de comisionamiento en una libreta debidamente organizada.



5.7 Submittals iniciales y documentación

5.7.1 Submittals estándares

EL ACx proveerá a todos los Subs responsables de equipo comisionado con documentación sobre los requerimientos de comisionamiento para sus respectivos equipos y sistemas a través del GC. Esta solicitud de documentación típicamente coincide con el proceso regular de presentación de los A/E. Como mínimo, esta información de equipo incluirá procedimientos de instalación y puesta en marcha, datos de operación y mantenimiento, datos de desempeño y planos de control. El ACx revisará y aprobará las presentaciones relativas a los temas de Cx mencionados en la documentación de contrato, no para el cumplimiento general del contrato (cuya responsabilidad de aprobación recae en los A/E), a menos que así fuera específicamente ordenado por el dueño. A través de la *Solicitud de Documentación y Bitácora de Submittals para Comisionamiento* se proporcionan las solicitudes de documentación y los formatos de rastreo para el equipo representativo y funciona como el mecanismo de rastreo para la documentación. Este también puede ser usado como hoja de revisión para parte de la revisión final de documentación de operación y mantenimiento. Las recomendaciones del ACx serán turnadas a los A/E, al dueño, o al GC según sea indicado.

5.7.2 Submittals especiales, notificaciones y aclaraciones

Los Subs, los CG, o los A/E notificarán al ACx cualquier nueva propuesta de diseño o cambios en los parámetros de operación, estrategias de control y secuencias de operaciones añadidas, o cualquier otro cambio que pudiera afectar los sistemas comisionados. Los contratistas de control proporcionarán al ACx una lista con todos los puntos detallados solicitados por el ACx. Treinta (30) días previo al desarrollo de pruebas contratadas por el dueño, los Subs proporcionarán al ACx los detalles completos sobre los procedimientos. Conforme las fases del TAB se completen, se le proporcionará al ACx un borrador del reporte del TAB conteniendo explicaciones detalladas de aproximación, métodos, resultados, información de la tabla de datos, etc. El reporte final del TAB será entregado al ACx hasta que el TAB sea completado.

Estos submittals al ACx no constituyen el cumplimiento de los submittals de los manuales de operación y mantenimiento. Los requerimientos acerca de los manuales de operación y mantenimiento son discutidos en la sección 5.11 de este documento.

El ACx podrá solicitar detalles adicionales de diseño a los A/E y de los contratistas de control dependiendo de qué tan completa haya sido la documentación proporcionada con los



documentos propuestos. El ACx podrá enviar solicitudes de información por escrito a través del GC, o dirigirlas directamente para aclaración, según sea necesario.

5.8 Listas de revisiones pre-funcionales, pruebas y puesta en marcha

Las listas de revisiones pre-funcionales (PC) son importantes para asegurar que los equipos y sistemas están conectados y operacionales, y que sus pruebas funcionales de desempeño pueden proceder sin demoras innecesarias. Cada pieza de equipo recibe una revisión pre-funcional completa del Contratista. No serán usadas estrategias de muestreo. En general, las pruebas pre-funcionales para un sistema dado deberán ser satisfactoriamente completadas previo a la ejecución formal de las pruebas funcionales de desempeño de los equipos o subsistemas del sistema en cuestión.

Las listas de revisiones pre-funcionales son primordialmente inspecciones y procedimientos estáticos para preparar el equipo o sistema para la operación inicial (e.g. Nivel de aceite correcto, tensión de bandas de ventiladores, etiquetas sujetas, mangueras en su sitio, calibración de sensores, etc.) Sin embargo, algunos puntos de las listas de revisiones pre-funcionales implican la prueba simple del funcionamiento de algún componente, una pieza de equipo o sistema (como la medición del desequilibrio trifásico de voltaje para el motor de una bomba o un sistema tipo *chiller*). La palabra pre-funcional se refiere a “antes” de las pruebas funcionales. Las listas de revisiones pre-funcionales se complementan y combinan con la lista de revisión de arranque del fabricante.

Los contratistas típicamente ya realizan algunos, si no es que muchos, de los elementos de las listas de revisión pre-funcionales que el ACx recomendará. Sin embargo, pocos contratistas documentan por escrito la ejecución de esos elementos de la lista de revisión. Este proyecto requiere que los procedimientos sean documentados por escrito por los técnicos instaladores. El ACx no atestiguará muchas de las revisiones pre-funcionales, excepto para la prueba de las piezas de equipo más grandes o críticas y algunas revisiones puntuales.

5.8.1 Plan de puesta en marcha

EL ACx asistirá a los miembros del equipo de comisionamiento responsables por la puesta en marcha con el desarrollo de planes detallados de puesta en marcha para todos los equipos. Las partidas responsables por cada parte de la puesta en marcha y la revisión inicial serán identificadas en la *Bitácora de Progreso de Comisionamiento* y en las listas de revisiones pre-funcionales.



- A. ___ Los siguientes procedimientos serán usados para este proyecto: (EL ACx es responsable por el desarrollo del plan)
1. EL ACx adaptará y mejorará, de ser necesario, las listas de revisiones pre-funcionales (PC) representativas y procedimientos, y desarrollará listas originales, según sea necesario.
 2. EL ACx obtendrá datos sobre la instalación, revisión y puesta en marcha del fabricante, incluyendo, por parte del contratista (mediante una solicitud de información), las hojas de revisiones de campo usadas por los técnicos de campo.
 3. El ACx copiará todas las páginas con los datos y procedimientos instructivos relevantes para los manuales de arranque y revisión no previstos en las hojas de revisiones de campo del fabricante, y agregará una línea de firma en la columna de cada procedimiento.
 4. La información recopilada desde el punto 2, junto con las listas de revisiones pre-funcionales proporcionadas por el ACx, así como las hojas de revisión de campo del fabricante, conformarán el “Plan de revisión y puesta en marcha”. Se crea el documento *Requerimientos de planeación y documentación para la puesta en marcha*, integrado por una portada y la el plan de puesta en marcha.
 5. Para sistemas que no cuenten con un procedimiento adecuado para la revisión y puesta en marcha por parte del fabricante, particularmente para componentes que deban ser integrados con otro equipo, el Sub deberá proporcionar, previo a la ejecución, el formato de documentación y detalles adicionales necesarios al ACx para su aprobación.
 6. El ACx proporcionará el plan de puesta en marcha completo al CG, quién designará qué proveedor o contratista será responsable de llenar la línea de cada elemento (marcar en la columna “Contr”) de la lista de revisiones pre-funcionales para el ACx. El CG entonces comunicará el plan de puesta en marcha completo a los Subs para su revisión y uso. (Esto usualmente significa que la lista de revisiones pre-funcionales, únicamente, será proporcionada a más de un Sub, mientras que el plan completo será proporcionado al contratista instalador primario.)

-O Bien-

- B. ___ Los siguientes procedimientos serán usados para este proyecto (el Sub es responsable del desarrollo del plan)



1. EL ACx adaptará y mejorará, si fuera necesario, las listas de revisiones pre-funcionales (PC) y los procedimientos representativos, así como desarrollará listas originales, según sea necesario.
2. El ACx los comunicará al CG quién designará qué proveedor o contratista será responsable de llenar la línea de cada elemento (marcar en la columna “Contr”) de la lista de revisiones pre-funcionales para el ACx. El CG entonces comunicará la lista de revisiones a los Subs responsables.
3. El Sub designado para desarrollar el plan de puesta en marcha obtendrá los datos de instalación, puesta en marcha y revisión del fabricante, incluyendo las hojas de revisión de campo usadas por los técnicos de campo.
4. El Sub copiará todas las páginas que contengan datos y procedimientos instructivos importantes (no cubierta en las hojas de revisión de campo del fabricante) para los manuales de revisión y puesta en marcha, y agregará una línea de firma en la columna de cada procedimiento.
5. La información recopilada desde el punto 2, junto con las listas de revisiones pre-funcionales proporcionadas por el CG (originalmente para el ACx), así como las hojas de revisión de campo del fabricante, conformarán el “Plan de revisión y puesta en marcha”. Se crea el documento *Requerimientos de planeación y documentación para la puesta en marcha*, integrada por una portada y el plan de puesta en marcha.
6. Para sistemas que no cuenten con un procedimiento adecuado para la revisión y puesta en marcha por parte del fabricante, particularmente para componentes que deban ser integrados con otro equipo, el Sub deberá proporcionar, previo a la ejecución, el formato de documentación y detalles adicionales necesarios al ACx para su aprobación.
7. El Sub proporcionará el plan completo de puesta en marcha al ACx para su revisión y aprobación.
8. El ACx revisará y aprobará los procedimientos y el formato para documentarlo usando un formulario estándar al que se llamará *Revisión o prueba de comisionamiento, aprobación o comisionamiento de listas de revisiones pre-funcionales y presentación/aprobación de puesta en marcha*, tomando nota de cualquier procedimiento que requiera ser añadido y comunicado al CG. El CG entonces comunicará el plan de puesta en marcha completo a los Subs para su revisión y uso. (Esto usualmente significa que la lista de revisiones pre-funcionales,



únicamente, será proporcionada a más de un Sub, mientras que el plan completo será proporcionado al contratista instalador primario.)

5.8.2 Ejecución de checklist y puesta en marcha

Cuatro semanas previas a la puesta en marcha, los Subs y proveedores programan la puesta en marcha y las revisiones iniciales con el CM, CG y el ACx. La puesta en marcha y la revisión inicial será dirigida y ejecutada por el Sub o proveedor. El ACx y el CM observará si fuera necesario, como mínimo los procedimientos en cada pieza de equipo primario, a menos que haya unidades múltiples, donde deberá emplearse una estrategia de muestreo. Para componentes de equipo (e.g. cajas VAV), el ACx observará un muestreo de los procedimientos pre-funcionales y de puesta en marcha.

Para documentar los procesos de revisión y puesta en marcha, el técnico de sitio siguiendo la línea de tareas del elemento, inicializa y fecha cada párrafo de procedimiento en el “plan de puesta en marcha” y marca los elementos en las hojas de revisión de campo pre-funcionales y del fabricante, según sean completadas. Sólo quienes tengan conocimiento directo sobre la línea del elemento deberán revisar o inicializar los formularios.

Los Subs y proveedores ejecutarán los checklist y pruebas, además proporcionarán una copia firmada de las pruebas pre-funcionales y puesta en marcha completadas, así como de las listas de revisión al ACx. El ACx podrá revisar las listas pre-funcionales en proceso según sea necesario. Para equipo o proyectos más pequeños, los checklist (que contengan más de un responsable de la operación) podrán ser delegadas a los Subs para su llenado. Para proyectos más grandes, cada operación puede requerir de un formulario completo y el ACx los consolidará más adelante.

5.8.3 Estrategia de muestreo para la observación del ACx de la revisión pre-funcional y puesta en marcha

La siguiente tabla provee una lista tentativa del equipo y cuanto del trabajo de puesta en marcha deberá ser atestiguado por el ACx. La observación de la ejecución de las listas de revisiones pre-funcionales se hará a discreción del ACx.



| <u>Equipo o sistema</u> | <u>Fracción por observar por el ACx</u> |
|--|--|
| Planta central (<i>Chillers</i> , calderas, torres de enfriamiento) | 50% |
| Unidades de azotea tipo paquete | 50% |
| Bombas, variadores de frecuencia (VFD) | 10% |
| Limpieza de tuberías | Al inicio y al finalizar |
| Unidades terminales | 2% |
| Sistemas de automatización de edificios | Observar __horas de revisión y calibración |
| Trabajo de los TAB | Observar __horas de TAB |
| Otro equipo diverso | Según sea necesario |

5.8.4 Deficiencias y no conformidades

Los Subs enlistarán claramente cualquier elemento sobresaliente de los procedimientos pre-funcionales y de la primera puesta en marcha que no hubieran sido completados satisfactoriamente en la parte inferior del formulario de procedimientos o en una hoja adjunta. Los formularios de procedimientos y sus deficiencias serán provistas al ACx dentro de los dos días siguientes a la conclusión de las pruebas. El ACx trabajará con los Subs y proveedores para corregir y reevaluar tanto las deficiencias como los elementos incompletos, involucrando al GC y a cualquier otro según sea necesario. Los Subs instaladores o proveedores corregirán todas las áreas que se encuentren incompletas o con deficiencias de acuerdo con los checklist y pruebas. El ACx sugerirá al GC la aprobación de la revisión inicial y de puesta en marcha de cada sistema usando un formulario.

5.8.5 Comisionamiento gradual

Debido al tamaño del proyecto, este proyecto __requerirá, __no requerirá, que la revisión inicial y puesta en marcha sea ejecutada en etapas. Las resoluciones adicionales a dichas etapas se encuentran en el programa de comisionamiento detallado.

5.8.6 Pruebas y balance (TAB)

El contratista de TAB presenta el esquema del plan y el enfoque de las TAB tanto al ACx como al contratista de control ocho semanas previas al inicio de las TAB. Incluido en el enfoque estará una explicación sobre el uso previsto para el sistema de control del edificio. El ACx revisa el plan y el enfoque para su entendimiento, la coordinación de asuntos y pueda



realizar comentarios, pero no lo “aprobará”. El contratista de control revisará la factibilidad acerca del uso del sistema de control del edificio como asistencia en el trabajo de las TAB. El TAB enviará semanalmente reportes escritos sobre discrepancias, solicitudes de interpretación de contratos y listas de pruebas completadas al ACx y al GC. Esto permitirá una resolución de problemas más rápida y resultará en unas TAB más completas antes de que las pruebas funcionales comiencen.

El trabajo de TAB no iniciará hasta que el sistema de control haya sido probado pre-funcionalmente y algunas pruebas funcionales seleccionadas hayan sido realizadas y aprobadas por el ACx.

5.8.7 Plan de comprobación de controles

El contratista de control desarrollará y enviará un plan escrito paso a paso al ACx en el que se describa el proceso que pretenda seguir en la comprobación de los sistemas de control y los formularios en los que documentará el proceso. El contratista de control se reunirá con el TAB previo al arranque de las TAB y revisará el plan de TAB para determinar las posibilidades de uso del sistema de control dentro de las TAB. El contratista de control brindará al TAB cualquier herramienta específica que fuera necesaria para la configuración de los tableros de unidades terminales e instruirá al TAB sobre su uso (interfaces portátiles de control del sistema para su uso alrededor del edificio durante las TAB, etc.). El contratista de control deberá proporcionar los servicios de un técnico calificado para operar los controles para que asista al contratista de TAB en el desarrollo de las TAB.

Todas las listas de revisiones pre-funcionales, calibraciones, puesta en marcha y pruebas funcionales seleccionadas, requeridas por el ACx deberán estar completas y aprobadas por el ACx previo a las TAB. El contratista de control deberá ejecutar las pruebas y registrar las secuencias que le hayan sido asignadas, además permanecerá en el sitio para asistir en las pruebas funcionales de los sistemas mecánicos, según sea especificado.

5.9 Desarrollo de pruebas funcionales y procedimientos de verificación

5.9.1 Generalidades

La revisión funcional es la prueba dinámica de los sistemas (en lugar de sólo los componentes) dentro de una operación completa (ej. la bomba del chiller sería probada interactivamente con el chiller en funcionamiento para observar si la bomba incrementa y decrementa su funcionamiento para mantener la presión diferencial determinada). Los



sistemas son probados en varios modos, tales como durante el enfriamiento o calentamiento con baja demanda, alta demanda, falla de componentes, recintos desocupados, variación de temperaturas externas, durante la activación de la alarma contra incendios, falla de suministro eléctrico, etc. Los sistemas serán activados según todas las secuencias de operación del sistema de control y será verificado que los componentes respondan a las secuencias de estado. El ACx desarrolla los procedimientos de pruebas funcionales en un formulario escrito secuencial, coordina, supervisa y documenta las pruebas reales, que usualmente son realizadas por el contratista instalador o el proveedor.

5.9.2 Alcance de las pruebas [Doctos. propuestos]

La especificación “Requerimientos de pruebas” (no incluida en este documento de tesis) indica el alcance específico de las pruebas funcionales para cada parte del equipo comisionado. Una descripción detallada de los procedimientos de pruebas funcionales y pre-funcionales se encuentra en mencionadas especificaciones. Si algunos requerimientos de prueba no hubieran sido incluidos en los documentos propuestos y/o en las especificaciones originales, estas deberán ser desarrolladas para este proyecto para cada pieza de equipo comisionado.

5.9.3 Proceso de desarrollo

Antes de que los procedimientos de pruebas sean escritos, el ACx obtendrá toda la documentación requerida y una lista actualizada de las órdenes de cambios que afectan los equipos o sistemas, incluyendo una lista de puntos actualizados, secuencias de control y puntos de ajuste. El ACx desarrollará procedimientos específicos de pruebas para verificar la apropiada operación de cada pieza de equipo y sistema, usando los requerimientos de pruebas en las Especificaciones ya mencionadas o de alguna otra fuente. El ACx obtendrá aclaraciones, según sea necesario, de los contratistas y los A/E respecto a las secuencias y a la operación para desarrollar dichas pruebas. Previo a su ejecución, el ACx proveerá una copia de las pruebas de equipo primario al Sub instalador (por medio del CG) quién revisará la viabilidad, seguridad, garantía y protección del equipo. Copias en blanco de los procedimientos serán incluidos en los manuales de operación y mantenimiento para su posterior uso por el personal de operación.

La revisión y verificación funcional podrá ser realizada mediante pruebas manuales (personal manipula el equipo y observa el desempeño) o monitoreando el desempeño y analizando los resultados usando las propiedades de registro de secuencias del sistema de control o por registradores de datos independientes. El ACx seguirá las especificaciones



cuando sean proporcionadas y juzgará cuando sea necesario determinar algún método más apropiado. De acuerdo a las especificaciones, no todas las piezas de equipo idéntico serán probadas a fondo. EL ACx revisará las pruebas de aceptación de fábrica, así como las requeridas o contratadas por el dueño y determinará las pruebas minuciosas que pudieran ser necesarias en conformidad de las especificaciones. La redundancia será minimizada.

Se creará un documento llamado “*Pruebas contratadas por el dueño*”, en él se enlistan las pruebas contratadas o conducidas por el dueño, para las que no es necesario procedimientos escritos o documentar su ejecución. Se dejará en claro el criterio del ACx acerca del rigor de dichas pruebas y la necesidad de pruebas más minuciosas. El ACx revisará y aprobará el formato de documentación de dichas pruebas previo a la ejecución, pero no desarrollará los procedimientos ni documentará su ejecución, salvo que sea requerido por el GC.

5.9.4 Generalidades del plan de pruebas.

A fin de brindar a los contratistas una mejor idea sobre dónde recaen las pruebas funcionales en el programa, qué problemas deben prevenirse al inicio de las pruebas, cuáles contratistas serán necesarios para cada prueba y cuánto tiempo podría requerirse de ellos, será desarrollado un documento llamado “*Generalidades del plan de pruebas funcionales en Cx*”. Este formulario se llenará después que la mayoría del equipo haya sido puesto en marcha y cercano a las fechas de las pruebas funcionales. El formulario se proporcionará a los contratistas para ayudarlos a que realicen las pruebas funcionales más eficientemente.

5.10 Procedimientos de ejecución de pruebas funcionales

5.10.1 Generalidades y procesos

El ACx programará las pruebas funcionales por medio del GC, CG y los Subs involucrados. Para cualquier sistema dado, previo al desarrollo de pruebas funcionales, el ACx aguardará hasta que la lista de revisiones pre-funcionales haya sido entregada con todas las firmas necesarias, confirmando que dicho sistema se encuentra listo para las pruebas funcionales. El ACx supervisará, atestiguará y documentará las pruebas funcionales de todos los equipos y sistemas de acuerdo a las especificaciones y el PCx. Los Subs ejecutarán las pruebas. El sistema de control será probado antes de ser usado para verificar el desempeño de otros componentes o sistemas. El balanceo de aire o agua deberá ser completado y depurado antes de las pruebas funcionales de equipos o sistemas relacionados con aire o agua. Las pruebas procederán de los componentes a los subsistemas, sistemas y finalmente al enclave



y comunicación entre sistemas. Diríjase a la Sección 6 para detalles sobre el alcance de las pruebas.

5.10.2 Deficiencias y repetición de pruebas

EL ACx documentará los resultados de las pruebas. Las correcciones de las deficiencias menores identificadas podrán ser realizadas durante las pruebas a criterio del ACx. El ACx registrará los resultados de las pruebas en el formulario de procedimientos o pruebas. Las deficiencias o no conformidades serán anotadas y reportadas al GC en el llamado *“Reporte de acciones correctivas en comisionamiento”*. Los Subs corregirán las deficiencias, notificarán al ACx y regresarán dicho reporte certificando la corrección. El ACx programará la repetición de las pruebas por medio del GC. Las decisiones derivadas de las deficiencias y sus correcciones serán hechas al más bajo nivel posible, preferiblemente entre el ACx o el GC y el Sub directamente. Para áreas en disputa, la autoridad final, adicionalmente al dueño, reside en los A/E. El ACx sugerirá la aceptación de cada prueba al GC. El GC dará la aprobación final a cada prueba usando el documento que será llamado *“Aprobación o revisión de pruebas en Comisionamiento o Entrega/aprobación de checklist y puesta en marcha en Comisionamiento”*. Para su rastreo se hace uso del *“Registro de progreso en Comisionamiento”*, el cual será provisto con la lista de todas las pruebas y sus respectivos estatus.

5.10.3 Participación del personal del complejo

El personal operativo del complejo del dueño será alentado a observar y participar en el proceso de pruebas. Se realiza una tabla de nombre *“Participación del personal del complejo”*, donde se resume la planeación de dicha participación. Este formulario no señala esta participación dentro del entrenamiento formal. EL ACx notificará al __GC, __GP, quién se encargará de notificar al personal del complejo cuando estas acciones de comisionamiento se desarrollen.

5.10.4 Pruebas graduales

Diríjase a la sección 5.8.5 para detalles referentes a las pruebas de equipo o sistemas en etapas.



5.10.5 Muestreo

Cuando existan múltiples partes idénticas que no sean de vital importancia, o algún otro tipo de equipo no crítico, podrá ser funcionalmente probado usando una estrategia de muestreo. En caso de ser usadas, las especificaciones detallan las estrategias de muestreo para este proyecto, con un resumen mostrado en documento *“Esquema de alcance de pruebas funcionales”*.

5.11 Garantías y manuales de operación y mantenimiento

5.11.1 Manuales de operación y mantenimiento regular

El ACx revisará los manuales de operación y mantenimiento, documentación y los cambios finales de los sistemas que hayan sido comisionados a fin de verificar que esté de conformidad con las especificaciones. EL ACx sugerirá la aprobación y aceptación de estas secciones de los manuales de operación y mantenimiento al GC. El ACx también revisará cada garantía de equipo y verificará que todos los requerimientos para mantener válidas las garantías están claramente establecidos.

5.11.2 Registro de comisionamiento

El ACx recopilará, organizará e indexará los siguientes datos de comisionamiento por cada equipo y ensamble en carpetas de tres anillos etiquetadas, indexadas y con pestañas, que serán entregadas al dueño para ser incluidas con los manuales de operación y mantenimiento. La correspondencia, minutas de reuniones y reportes de progreso, notas diversas, etc. se mantendrán en el Registro de Comisionamiento sólo durante la construcción, pero no se mantendrán en dicho registro ni en los manuales de operación y mantenimiento. El formato del manual será como sigue:

| | |
|-----------|---|
| Pestaña 1 | Reporte resumido de Comisionamiento |
| Pestaña 2 | Registro de incidencias (Registro de resultados de Comisionamiento y su resolución) |
| Pestaña 3 | Plan de Comisionamiento |
| Pestaña 4 | Reportes de progreso de Comisionamiento |
| Pestaña 5 | Revisiones de entregas |
| Pestaña 6 | Revisiones del manual de operación y mantenimiento |
| Pestaña 7 | Resumen del registro de entrenamiento |



| | |
|------------|---|
| Pestaña 8 | Registro de diseño de todos los sistemas (Objetivos del dueño, bases y criterios de diseño, y mediciones de desempeño) |
| Pestaña 9 | Programa de pruebas funcionales |
| Pestaña 10 | *Sistema/equipo #1 (<i>chiller</i> CH-1, manejadora de aire AH-3, etc.) *Secuencia de operación para equipo #1 <i>Separador de color</i> *Registro de pruebas funcionales con sus aprobaciones (Llenado de procedimientos de pruebas). Incluye registro de secuencias si pueden ser convenientemente separados por equipo, de lo contrario incluir registro de secuencias y el análisis de todo el equipo en una pestaña separada. <i>Separador de color</i> *Lista de revisión de construcción (Llena) <i>Separador de color</i> *Reporte de puesta en marcha <i>Separador de color</i> *Registro de entrenamiento |
| Pestaña 11 | *Sistema/equipo/ensamble #2... Repetir como en sistema #1 |
| Pestaña XX | Análisis del registro de secuencias de todos los sistemas con la tabla de contenidos por número de página, cada gráfica etiquetada identificando el equipo e ilustrando las incidencias, con numero de página en cada gráfica. |

5.12 Entrenamiento y orientación al personal del dueño

La orientación y entrenamiento al dueño (y su personal) acerca de los equipos y sistemas provistos por el contratista es complementada en tres pasos generales usando 3 formatos.

1. Plan general. Posterior a la revisión de especificaciones, después de haber entrevistado al personal del complejo, si fuera necesario, el dueño y el ACx hará una tabla listando todo el equipo del que se proveerá orientación y entrenamiento, en el documento que se llamará "*Plan general de entrenamiento del proyecto- Alcance y partes responsables*". Este documento enlista, entre otras cosas, el tipo y número de personal a ser entrenado, el nivel de capacitación deseado por el dueño, el subcontratista responsable, la compañía capacitadora y columnas para el rastreo diario de la capacitación. El ACx proporcionará este documento al contratista como referencia.



2. Programa de entrenamiento específico. Para cada parte de equipo o sistema para el que se proporcione entrenamiento, el dueño y el ACx realizarán un documento llamado “*Programa de entrenamiento y orientación*”. será incluida información respecto al alcance del entrenamiento y el público objetivo, como referencia para el capacitador en el desarrollo del programa de entrenamiento. El ACx desarrollará un plan para incluir en las sesiones de entrenamiento, cuando lo vea conveniente, a contratistas/capacitadores de las diferentes disciplinas, enlistando los nombres de sus respectivas compañías en una sección 2 de dicho documento. En particular, los contratistas de control proporcionarán un breve entrenamiento sobre los controles en la misma sesión que se brinde el entrenamiento mecánico para el equipo controlado por el sistema de automatización del edificio.
Este documento será entonces entregado al contratista, que verá que el capacitador complete el resto de las secciones 2 y 3 del mencionado documento, describiendo los temas cubiertos, la duración de cada tema y los métodos que serán usados en la capacitación, junto con el nombre y cualificaciones del(los) capacitador(es). El capacitador regresará este formulario al contratista, quién lo enviará al dueño y al ACx. El dueño y el ACx revisará el programa; hará comentarios; aprobará el formulario sujeto a los comentarios; y enviará nuevamente al contratista. El contratista proporcionará el programa aprobado al capacitador para su uso durante el entrenamiento. El capacitador proporcionará una copia del programa a cada elemento a ser capacitado.
3. Registro de entrenamiento. Para cada parte de equipo, previo al entrenamiento, el contratista proporcionará a cada capacitador el documento llamado “*Registro de orientación y entrenamiento*”. En este documento, el capacitador documentará cada sesión de entrenamiento (duración y temas generales cubiertos). El capacitador firma por la sesión y obtiene la firma de cada asistente. El capacitador también revisa los temas cubiertos del programa. Cuando el entrenamiento esté completo, el contratista proporcionará una copia del *Registro de orientación y entrenamiento*, y el programa de entrenamiento, al dueño y al ACx. El dueño y el ACx revisarán dicho documento y darán la aprobación final firmándola. El ACx podrá atestiguar cualquiera de las sesiones de entrenamiento.

5.12.1 Entrenamiento y orientación especial

La siguiente orientación y mantenimiento marcados serán complementados por el ACx y los A/E de acuerdo a las especificaciones:



- ___ Recomisionamiento. El agente de comisionamiento proporcionará la instrucción acerca del uso de los formularios de pruebas funcionales para el recomisionamiento periódico del equipo y sistemas, por la especificación.
- ___ Arquitecto. El arquitecto proporcionará un repaso general del complejo, su uso, características especiales, consideraciones al público y los inquilinos, etc.
- ___ Ingeniero de diseño mecánico. El diseñador mecánico proporcionará un repaso de los sistemas y equipos mayores en el complejo, incluyendo para cada sistema: la finalidad de diseño, por qué dicho sistema fue elegido, y un repaso de su operación, así como las interacciones con otros sistemas, cualquier área especial de la que se debiera estar atento, problemas acerca de futuras expansiones o remodelaciones, etc.
- ___ Ingeniero de diseño eléctrico. El diseñador eléctrico proporcionará un repaso de los sistemas y equipos eléctricos mayores del complejo, particularmente en los sistemas de control de iluminación, alarmas contra incendio, seguridad y energía de emergencia, enfocándose en la finalidad del diseño, por qué tales sistemas fueron elegidos y un repaso de su operación, así como las interacciones con otros sistemas, cualquier área especial de la que se debiera estar atento, problemas acerca de futuras expansiones o remodelaciones, etc.

5.13 Periodo de Garantía

Durante el periodo de garantía, las pruebas estacionales y otras pruebas diferidas se harán de acuerdo con las especificaciones. El ACx coordinará esta actividad. Las pruebas serán ejecutadas y las deficiencias corregidas por los Sub apropiados, atestiguado por el personal del complejo y el ACx. Se harán ajustes finales a los As-Builts y los manuales de operación y mantenimiento derivados de dichas pruebas. Adicionalmente el ACx retornará al proyecto aproximadamente 10 meses dentro de los 12 meses del periodo de garantía. Durante la(s) visita(s) el ACx revisará con el personal del complejo, la operación cotidiana del edificio y la condición de los asuntos pendientes relacionadas con el comisionamiento original y estacional. El ACx también se entrevistará con el personal del complejo e identificará problemas e inquietudes que tengan sobre la operación del edificio según lo previsto originalmente. EL ACx hará sugerencias para mejoras y para registrar esos cambios en los manuales de operación y mantenimiento. El ACx identificará las áreas que estén sujetas a garantía o dentro del contrato original de construcción. El ACx también asistirá al personal del complejo sobre la elaboración de reportes, documentos y requisiciones de servicios para resolver problemas excepcionales.



6. Productos impresos [Doctos. propuestos]

Los productos impresos de todas las partidas están descritos en la tabla llamada “*Productos impresos formales*”. La tabla describe cada producto, quién es el responsable de producirlo, la fecha de vencimiento general, las partidas que la recibirán, quién los aprobará, etc.

6.1 Reporte resumen

El resumen del Reporte de Comisionamiento deberá incluir un resumen ejecutivo, lista de participantes y roles, una breve descripción del edificio, repaso del comisionamiento y alcance de las pruebas, así como una descripción general de los métodos de prueba y verificación. Para cada parte de equipo comisionado, el reporte debe contener la disposición del ACx respecto a la idoneidad de equipo, documentación, y el entrenamiento respecto a los documentos de contrato en las siguientes áreas: 1) Instalación, incluyendo equipo respecto a las especificaciones de equipo, 2) Desempeño y eficiencia funcional, 3) Documentación de equipo en el manual de operación y mantenimiento, y 4) Entrenamiento del operador. Todos los elementos con no conformidad excepcional deben ser especialmente enlistados. Recomendaciones para la mejora del equipo u operación, acciones futuras, cambios en el proceso de comisionamiento, etc., deben ser enlistadas. Cada incidencia de no conformidad debe ser referenciada a la prueba funcional específica, inspección, registro de secuencias, etc., donde la deficiencia haya sido documentada. La sección de desempeño funcional y eficiencia para cada parte de equipo debe incluir una breve descripción del método de verificación utilizado (prueba manual, registros de secuencias de ajuste y balancelo, registradores de datos, etc.) e incluirá observaciones y conclusiones de las pruebas.

7. Programa

7.1 Asuntos generales [Doctos. propuestos]

Se seguirán las siguientes prioridades de manera secuencial como se muestran a continuación:

1. El equipo no es arrancado de manera “temporal” (para calefacción o refrigeración), hasta que los elementos de la lista de revisión y procedimientos de pre-arranque del fabricante sean completados, y que la humedad, polvo y otras incidencias ambientales o de integridad del edificio hayan sido atendidas.



2. Las pruebas funcionales no comenzarán hasta que los procedimientos pre-funcionales, de puesta en marcha y TAB sean completados, para un sistema dado (esto no excluye procedimientos por etapas).
3. Los sistemas de control y el equipo que controla no serán probados funcionalmente hasta que todos los puntos hayan sido calibrados y las pruebas pre-funcionales hayan sido completadas.
4. Las TAB no serán realizadas hasta que los sistemas de control hayan sido suficientemente probados funcionalmente y aprobados por el ACx para los trabajos de TAB, excepto para _____.
5. Las TAB no serán realizadas hasta que las envolventes no estén completamente cerradas y los techos completados, a menos que el retorno sea por ducto.

7.2 Programa de proyecto

El programa inicial de Cx está resumido en la tabla 7-1.

Tabla 7-1. Resumen del programa inicial de Comisionamiento

| Tarea/Actividad | Fecha estimada de arranque | Fecha estimada de término |
|---|----------------------------|---------------------------|
| Reunión inicial de alcances y plan final | | |
| Entregas obtenidas y revisadas | | |
| Inicio de visitas/inspecciones al sitio de construcción | | |
| Desarrollo y distribución de formularios pre-funcionales | | |
| Planes de revisión inicial y puesta en marcha | | |
| Ejecución de revisión inicial y puesta en marcha | | |
| TAB Agua Aire | | |
| Pruebas de desempeño funcional | | |
| Revisión y verificación de documentación de operación y mantenimiento | | |
| Capacitación y verificación de entrenamiento | | |
| Reporte final de comisionamiento | | |
| Pruebas estacionales | | |



Apéndice 2

Repaso del proceso de comisionamiento

| | |
|---|---|
| Entregas normales, incluyendo secuencias de operación y criterios de diseño (por A/E) ¹ | <ul style="list-style-type: none">• A/E y contratistas los proporcionan al ACx• ACx los aprueba por claridad |
| Documentación de operación y mantenimiento (material técnico de operación y mantenimiento en equipo comisionado) | <ul style="list-style-type: none">• Contratistas los proveen al ACx antes de la puesta en marcha con la finalidad de escribir las pruebas (esto es en adición de la información normal de operación y mantenimiento que será entregada posteriormente) |
| Checklist constructivos | <ul style="list-style-type: none">• El ACx proporciona las listas a los contratistas (el contratista de control también proporciona las propias)• Los contratistas las llenan• Copias terminadas son enviadas al ACx• ACx aprueba (puede hacer una revisión puntual) |
| Reportes de puesta en marcha | <ul style="list-style-type: none">• Los contratistas usan sus propios formularios• Los contratistas los llenan• Copias terminadas son enviadas al ACx• ACx aprueba (puede hacer una revisión puntual) |
| Formularios de procedimientos de pruebas funcionales | <ul style="list-style-type: none">• ACx desarrolla los formularios y los entrega a los contratistas• Los contratistas aprueban para la seguridad del personal y equipo.• Se envía copia a los A/E |
| Revisiones de secuencias de equipo (sistemas de control) (esto es diferente a la calibración punto a punto hecha en las listas de revisión de construcción) | <ul style="list-style-type: none">• El CC planea y ejecuta por sí mismo• El ACx puede atestiguar y documentar |
| Ejecución de pruebas funcionales | <ul style="list-style-type: none">• El ACx dirige y documenta• Los contratistas asisten (principalmente CC) |



| | |
|--|---|
| | <ul style="list-style-type: none">• El ACx aprueba la operación del equipo• Formularios terminados se copian a A/E |
| Registro de secuencias | <ul style="list-style-type: none">• Plan de secuencias entregadas por ACx al CC• Secuencias desarrolladas por el CC• Datos preparados por el CC en un formato de hoja de cálculo electrónica y se envía al ACx• El ACx observa y analiza la información como parte de una operación de verificación del sistema y proporciona un reporte |
| Programa de entrenamiento | <ul style="list-style-type: none">• El ACx proporciona formularios a los contratistas (parcialmente llenados)• Los contratistas aprueban los alcances, llenan el resto del formulario (hrs, etc.) y envían una copia al ACx• El ACx aprueba |
| Ejecución de entrenamiento | <ul style="list-style-type: none">• El contratista desarrolla usando el programa• El contratista hace que los asistentes firmen• Formularios terminados son entregados al ACx• El ACx aprueba (y puede atestiguar algún entrenamiento) |
| Documentación de operación y mantenimiento y As-Bulits | <ul style="list-style-type: none">• Los contratistas desarrollan y envían al ACx (al mismo tiempo que a los A/E)• El ACx sugiere cambios y aprueba |
| Pruebas funcionales estacionales | <ul style="list-style-type: none">• El ACx regresa al sitio para probar algunas funciones• El contratista puede o no necesitar ayudar dependiendo de las habilidades de control del personal del complejo |
| Revisión de caducidad de garantías | <ul style="list-style-type: none">• El ACx se reúne con el personal del complejo y ataca las incidencias excepcionales |



-
- El contratista responde a los requerimientos de trabajos de garantías del dueño o el GP
-

ACx=Agente de comisionamiento, CC=Contratista de control, GP=Gerente de proyecto

¹ Entregas normales, las observaciones de construcción y revisión por los A/E y GC no se verán afectadas, excepto cuando exista otra partida aprobatoria, el ACx.

ANEXO H MANUAL DE LOS SISTEMAS

--**Nota:** este documento es una traducción del documento nombrado originalmente como *ASHRAE Guideline 0-2013 The Commissioning Process, Informative Annex O Systems Manual*, esta traducción fue realizada por el autor y contiene algunas adaptaciones del texto original para ser utilizado en este documento de tesis.--

--Este anexo proporciona un ejemplo de cómo implementar parte de las guías. No se pretende que sea una representación comprensiva o un buen ejemplo práctico. Los profesionales que aplican el proceso Cx deberán seguir las guías cuidadosamente así como las directrices y técnicas de comisionamiento adaptadas para sus proyectos específicos.--

Desarrollar el manual del sistema requiere reunir toda la información relacionada a los sistemas, instalaciones y el proceso de Cx, e incorporarlo todo en un recurso de información utilizable con índices y referencias cruzadas. Este recurso debe incluir las versiones finales de los RDP, BDD, PCx, Reporte del proceso de Cx, manuales de instalación del fabricante, manuales de operación y mantenimiento del fabricante, diagramas del sistema, registro de planos verificados, resultados de las pruebas. Esta información es editada y organizada para enfocarse en los sistemas clave (techado, paredes, alarma de incendios, agua fría, agua caliente, etc.) en el edificio. La coordinación entre las operaciones y el personal de mantenimiento para desarrollar formatos estándar y divisiones (talleres) es lograda para el simplificado del desarrollo de manuales del sistema a futuro.

También incluido en el manual del sistema está el desarrollo de mantenimiento periódico e información para inserción en un sistema de cómputo de gestión de mantenimiento (CMMS), incluyendo información de la marca y modelo de los equipos,



requerimientos de examinación, requerimientos de mantenimiento y resolución de problemas.

El ACx debe ser responsable de verificar el desarrollo del manual de sistemas.

La entidad responsable de desarrollar el manual de sistemas deberá incluir todos los artículos relacionados con el proyecto y deberá capturar el sistema y datos de ensamblaje en formato electrónico o en una versión impresa. Así también, operaciones impresas, servicio, mantenimiento, lista de partes sobrantes, y manuales de reparación pueden ser proporcionados. Esta entidad (el propietario, contratista, profesional de diseño, otro) deberá tener las habilidades de diseño, construcción y operación requeridas para desarrollar un manual de sistemas cohesivo.

Los detalles requeridos para un manual de sistemas completo son realizados en cada una de las directrices del proceso técnico de Cx. El manual de sistemas tendrá secciones múltiples dependiendo del número de sistemas en los que se enfocó durante el proceso de Cx. Incluirá una tabla detallada de los contenidos con anotaciones indicando el lugar de almacenaje de los recursos si es que esto no se encuentra dentro del manual. El siguiente perfil es el formato recomendado:

a. General

1. Resumen ejecutivo. Esta sección incluye una descripción general del edificio y sus sistemas, incluyendo un listado de sus mayores capacidades y limitaciones impuestas por el diseño o por el código de construcción. La descripción debe incluir el tipo de instalaciones, descripción general (número de pisos, área bruta, área neta, tipo de tenencia, etc.) y una descripción general del sistema. Una lista de contratistas, subcontratistas, proveedores, arquitectos e ingenieros relacionados con el proyecto junto a su información de contacto deberá ser incluida en esta sección.

2. RDP. Una copia de los RDP finales para las instalaciones es incluida en esta sección. Este documento fue inicialmente desarrollado durante la fase de Prediseño y fue actualizado durante el proyecto por el dueño, ACx o profesionales de diseño.

3. Bases de diseño. Esta sección incluye el documento final del BDD a nivel de instalaciones. El documento es escrito por los profesionales de diseño durante la Fase de Diseño y es actualizado por ellos para incluir cualquier cambio que ocurra durante la Fase de Construcción.

4. Documentos y especificaciones de registro de construcción (no incluidos en secciones de sistemas específicas). Esta sección incluye el conjunto de registros de



documentos de construcción (incluyendo especificaciones) que no son incluidos en otros sistemas específicos. Actualizados para reflejar las instalaciones finales.

5. Submittals aprobados (no incluidos en secciones de sistemas específicas). Esta sección incluye una copia de los submittals aprobados (no incluidos en secciones de sistemas específicas) con todas las modificaciones de campo y accesorios claramente marcados. Adicionalmente, los comentarios de los submittals originales también deben ser incluidos.

6. Procedimientos de operación de las instalaciones para los modos de operación normal, anormal y de emergencia. Esta sección incluye los procesos de operación detallados para las instalaciones durante los modos de operación normal, anormal y de emergencia. Esta sección no está destinada a mostrar secuencias de control automáticas, sino procedimientos de operación general. Esto debe incluir temas como el acceso al edificio durante varias situaciones (normal, después de horas de operación, alarma de incendios, operaciones de disturbio civil, operaciones de energía de emergencia, etc.).

7. Una lista de procedimientos de mantenimiento de registros operacionales recomendados a nivel de la instalación, incluyendo formularios de muestra, registros de tendencias u otros, y una justificación para cada uno. Esta sección incluye instrucciones al personal de operación y mantenimiento sobre qué información necesita documentarse y mantenerse para el funcionamiento de la instalación y por qué estos registros son importantes o beneficiarán al propietario o al personal de operaciones y mantenimiento en el futuro.

8. Procedimientos de mantenimiento, planeación y recomendaciones. Esta sección incluye las recomendaciones del fabricante para los procedimientos de mantenimiento y cuando el mantenimiento debería ser llevado a cabo en los sistemas no incluidos en secciones de sistemas específicas.

9. Optimización continua. Esta sección incluye una guía para la optimización continua de la instalación. Se incluye en la sección, la planeación de benchmark periódicos mediante checklist y pruebas desarrolladas para la construcción original, los procedimientos para mantener los documentos de los RDP y BDD, así como orientación sobre qué hacer cuando un RDP no es logrado.

10. Anexos. Listado de documentos del Cx y su lugar de almacenamiento.

[La siguiente sección deberá ser completada para cada sistema o conjunto que requiera operación y mantenimiento]



b. xxx Sistema/Conjunto

1. Resumen ejecutivo (xxx Sistema/Conjunto). Esta sección incluye una descripción de los sistemas/conjuntos contenidos en esta sección, incluyendo un listado de capacidades y limitaciones impuestas por el diseño o por el código de construcción. La descripción deberá incluir el tipo de sistema/conjunto, descripción general y diagramas. Una lista de contratistas, subcontratistas, proveedores y profesionales de diseño relacionados con el proyecto junto a su información de contacto deberá ser incluida en esta sección.

2. RDP (xxx Sistema/Conjunto). Una copia de los RDP finales para los sistemas/conjuntos es incluida en esta sección. Este documento fue inicialmente desarrollado durante la fase de Prediseño y fue actualizado durante el proyecto por el dueño, ACx o profesionales de diseño.

3. Bases de diseño (xxx Sistema/Conjunto). Esta sección incluye el documento final de las BDD que se relaciona con el sistema específico incluido en esta sección. El documento es escrito por los profesionales de diseño durante la Fase de Diseño y es actualizado por ellos para incluir cualquier cambio que ocurra durante la Fase de Construcción.

4. Documentos y especificaciones de registro de construcción (xxx Sistema/Conjunto). Esta sección incluye el conjunto de registros de documentos de construcción (incluyendo especificaciones) actualizados para reflejar las instalaciones finales del sistema/conjunto específico incluido en esta sección.

5. Submittals aprobados (xxx Sistema/Conjunto). Esta sección incluye una copia de los submittals aprobados para los componentes asociados con el sistema/conjunto, con todas las modificaciones de campo y accesorios claramente marcados. Los comentarios de los submittals originales también deben ser incluidos.

6. Procedimientos de operación para los modos de operación normal, anormal y de emergencia (xxx Sistema/Conjunto). Esta sección incluye los procesos de operación detallados para xxx sistemas/conjuntos durante los modos de operación normal, anormal y de emergencia. Esta sección no está destinada a mostrar secuencias de control automáticas, sino procedimientos de operación general.

7. Una lista de procedimientos de mantenimiento de registros operacionales recomendados, incluyendo formularios de muestra, registros de tendencias u otros, y una justificación para cada uno (xxx Sistema/Conjunto). Esta sección incluye instrucciones al personal de operación y mantenimiento sobre qué información necesita documentarse y mantenerse para el funcionamiento del sistema y por qué estos registros son importantes o beneficiarán al dueño o al personal de operaciones y mantenimiento en el futuro.



8. Procedimientos de mantenimiento, planeación y recomendaciones (xxx Sistema/Conjunto). Esta sección incluye las recomendaciones del fabricante para los procedimientos de mantenimiento y cuándo el mantenimiento debería ser llevado a cabo.

9. Optimización continua (xxx Sistema/Conjunto). Esta sección incluye una guía para la optimización continua del sistema/conjunto. Se incluye en la sección la planeación de benchmark periódicos mediante checklists y pruebas desarrolladas para la construcción original, los procedimientos para mantener los documentos de los RDP y de las BDD, así como orientación sobre qué hacer cuando un RDP no es logrado.

10. Manuales de operación y mantenimiento (xxx Sistemas/Conjuntos). Esta sección incluye los manuales impresos de operación y mantenimiento del fabricante para el equipo/componente específico provisto para el xxx sistema/conjunto. También se incluye una lista de partes y una lista de partes de repuesto recomendadas, una guía de resolución de problemas para situaciones comunes y diagramas de una línea para cada sistema aplicable.

11. Registros de entrenamiento. (xxx Sistemas/Conjuntos). Esta sección incluye información del entrenamiento proporcionado y los asistentes. Información sobre entrenamiento que se esté llevando a cabo también debe ser incluido.

12. Proceso de reporte del Cx para xxx Sistema/Conjunto. Esta sección incluye el proceso final de reportes para xxx sistema/conjunto. Incluyendo todos los procedimientos de pruebas, resultados de las pruebas y los formatos de las pruebas en blanco.

ANEXO I

MANUAL DE ENTRENAMIENTO Y NECESIDADES DE ENTRENAMIENTO

--**Nota:** este documento es una traducción del documento nombrado originalmente como *ASHRAE Guideline 0-2013 The Commissioning Process, Informative Annex P Training Manual And Training Needs*, esta traducción fue realizada por el autor y contiene algunas adaptaciones del texto original para ser utilizado en este documento de tesis.--

--Este anexo proporciona un ejemplo de cómo implementar parte de las guías. No se pretende que sea una representación comprensiva o un buen ejemplo práctico. Los profesionales que aplican el proceso Cx deberán seguir las guías cuidadosamente así como las directrices y técnicas de comisionamiento adaptadas para sus proyectos específicos.--



Este anexo es una colección de los varios requerimientos para entrenamiento así como la identificación de las necesidades para el manual de entrenamiento. El manual de entrenamiento incluye el plan de entrenamiento, el cual es compuesto por el programa de entrenamiento y la agenda que son provistas al contratista por el propietario con la ayuda del ACx. El manual de entrenamiento también contiene los resultados del entrenamiento, incluyendo el material de entrenamiento y las evaluaciones de entrenamiento completadas por el contratista. Este es un ejemplo para proveer dirección, las necesidades de entrenamiento varían substancialmente para cada proyecto de construcción o edificio nuevo. El siguiente es un ejemplo de un esquema de manual o un programa con enfoque en sistemas eléctricos y mecánicos.

Programa de entrenamiento.

1. Visión general. Este programa describe los objetivos de las varias sesiones, lecturas y demostraciones que forman parte del programa de entrenamiento desarrollado para el *Do-It-Right Building*.

2. Sesiones. Existen dos sesiones principales en los sistemas eléctricos y dos sesiones principales en los sistemas mecánicos que proveerán el entrenamiento adecuado para el personal de servicio. La primera sesión será al momento del inicio de operaciones, la segunda sesión será alrededor de dos meses después. Las sesiones serán un mínimo de dos días de duración para cubrir lo básico de cada sistema y serán llevadas a cabo de la siguiente manera. Las sesiones serán realizadas en el sitio de trabajo.

Todas las sesiones de entrenamiento serán grabadas visualmente usando cintas de video (Formato VHS) o discos compactos (CD) en formato de PC. El formato de CD es deseado por longevidad y la facilidad de búsqueda usando palabras clave. Las sesiones pueden ser grabadas usando cintas de video y después transferidas a CD.

Una agenda de entrenamiento en el formato adjunto será proporcionada para cada sesión. Esta será presentada con tres semanas de anticipación a la sesión de entrenamiento. Todos los representantes del propietario firmaran la agenda antes de proceder con el entrenamiento.

Una lista de temas de entrenamiento que son apropiados para consideración está listada en la lista de temas de la agenda de entrenamiento adjunta.

El agente de comisionamiento (ACx) será notificado del tiempo de entrenamiento programado y se les proveerá con una copia del material de entrenamiento quince días antes de cada sesión. El ACx revisara el material y compartirá sus comentarios con el



propietario y los profesionales de diseño. Si alguno de los puntos no cumple con los requerimientos de las especificaciones esto será comunicado a través de los profesionales de diseño. El ACx atenderá el 25% o más de las sesiones de entrenamiento.

Un recibo que compruebe el completamiento de cada tema o instrucción será emitido.

El entrenamiento será evaluado según los criterios en el formato de evaluación adjunto.

3. Sistemas eléctricos. El entrenamiento deberá incluir lo siguiente:

- a) Familiarización general y procedimientos de operación para la instalación eléctrica completa.
- b) Procedimientos de rutina para el mantenimiento de los equipos.
- c) Procedimientos de operación y mantenimiento específicas para lo siguiente:
 - a) Tableros de control
 - b) Sistema de energía de emergencia
 - c) Sistema de alarma de incendios

Técnicos entrenados proveerán instrucciones de mantenimiento y operación en lo siguiente:

| Sistema/Equipo | Duración mínima de la sesión, hrs |
|--------------------------------------|-----------------------------------|
| Sistema de energía de emergencia | x |
| Sistema de alarma de incendios | x |
| Sistemas de control de iluminación | x |
| Tableros de control | x |
| Tableros de control de voltaje medio | x |

4. Sistemas mecánicos. El entrenamiento debe incluir lo siguiente:

- a) Familiarización general con los procedimientos de operación de plomería, gas de laboratorio, agua limpia, aire comprimido, combustible, HVAC&R, y la instalación de sistemas de protección contra incendios.



- b) Procedimientos de rutina para mantenimiento de equipos.
- c) Procedimientos de operación y mantenimiento específicos para lo siguiente:
 - 1 Sistemas de agua caliente. Compuestos por calentadores, controles, bombas, y especialidades hidráulicas.
 - 2 Sistemas de agua fría, compuestos por chillers, torres de enfriamiento, bombas, controles y especialidades hidráulicas.
 - 3 Control de temperatura automático, compuesto por todo el hardware, software y lógica de programación administrada por los sistemas.
 - 4 Sistemas de control de aire de laboratorio, compuesta por suministro, cubierta, válvulas de alivio generales, bobinas de recalentamiento y panel de control del cuarto.
 - 5 Sistemas de extinción de fuegos. Incluyendo procedimientos de emergencia, aborto de funciones y requerimientos de seguridad.
 - 6 Sistema de alivio de aire de la cubierta del laboratorio.

Técnicos entrenados proveerán instrucciones de mantenimiento y operación en lo siguiente:

| Sistema/Equipo | Duración mínima de la sesión, hrs |
|--------------------------------------|-----------------------------------|
| Equipos de velocidad variable | x |
| Enfriadores | x |
| Controles de temperatura automáticos | x |
| Sistemas de tratamiento de agua | x |
| Sistemas de control de laboratorio | x |

5. Sistema DDC. Habrá dos sesiones de entrenamiento formales para el sistema DDC. Cada una de las sesiones será dirigida por personal calificado por una duración mínima de xx días de 8 horas. Materiales y entrenamiento serán provistos para xx operadores por sesión (seleccionados por el Dueño).

Habrá un curso de entrenamiento separado por parte del sistema DDC para el personal de supervisión. Este entrenamiento cubrirá brevemente el material de las sesiones de entrenamiento de los operadores y estará enfocado en características más avanzadas del sistema con énfasis en estrategias de conservación de energía y reportes sobre las



aptitudes del sistema y como implementarlas. Cada una de las sesiones será dirigida por personal calificado por una duración mínima de xx días de 8 horas. Materiales y entrenamiento será provistos para xx operadores por sesión (seleccionados por el propietario).

| | |
|----------------------------|--|
| Proyecto: | <i>Do-It-Right</i> - Maravilloso Rascacielos |
| Material de entrenamiento: | Manual de sistemas; formatos de evaluación; formatos de registro; secciones de especificación; documentación del fabricante; equipo de campo (para demostraciones) |

Sección 1

Audiencia y alcance general

| | | |
|------------------------------------|---|--|
| | <input checked="" type="checkbox"/> Personal de O&M | <input checked="" type="checkbox"/> Personal de supervisión. |
| Tipo de audiencia destinado: | <input checked="" type="checkbox"/> Usuarios de laboratorio | <input checked="" type="checkbox"/> _____ |
| Alcance general del entrenamiento: | <input type="checkbox"/> A. Vista general | <input checked="" type="checkbox"/> B. Intermedio <input checked="" type="checkbox"/> C. Detallado |

Sección 2.

Instructores

| ID | Instructor (experto) | Compañía |
|----|----------------------|----------|
| 1) | _____ | _____ |
| 2) | _____ | _____ |
| 3) | _____ | _____ |
| 4) | _____ | _____ |
| 5) | _____ | _____ |

Sección 3

Agenda



Sesión A - Sistemas eléctricos y de protección contra incendio.

| Conferencias/Demostraciones | Fechas | Lugares | Duración (h x Freq*) | ID Instructor |
|---|--------|---------|----------------------|---------------|
| A1 Sistema de energía de emergencia | _____ | _____ | 8x2 | _____ |
| A2 Sistema de alarma de incendios | _____ | _____ | 8x2 | _____ |
| A3 Control de iluminación | _____ | _____ | 4x2 | _____ |
| A4 Tableros de control | _____ | _____ | 4x2 | _____ |
| A5 Tableros de control de voltaje medio | _____ | _____ | 4x2 | _____ |
| A6 Mecanismos de O&M para sistemas de supresión de fuego, incluyendo procedimientos de emergencia, aborto de funciones y requerimientos de seguridad. | _____ | _____ | 4x2 | _____ |

Duración total del entrenamiento (hrs):

64

Sesión B - Sistemas mecánicos y de plomería

| Conferencias/Demostraciones | Fechas | Lugares | Duración (h x Freq*) | ID Instructor |
|--|--------|---------|----------------------|---------------|
| B1 Equipos de velocidad variable | _____ | _____ | 4x2 | _____ |
| B2 Enfriadores | _____ | _____ | 4x2 | _____ |
| B3 Familiarización general y procedimientos de operación para equipo de plomería | _____ | _____ | 3x2 | _____ |
| B4 Sistema de tratamiento de agua | _____ | _____ | 3x2 | _____ |

Duración total del entrenamiento (hrs):

26



Sesión C - Sistemas de control

| Conferencias/Demostraciones | Fechas | Lugares | Duración (h x Freq*) | ID Instructor |
|---|--------|---------|----------------------|---------------|
| C1 Sistemas de control de laboratorio | _____ | _____ | 8x2* | _____ |
| C2 Controles de temperatura automático | _____ | _____ | 10x2* | _____ |
| C3 Sistema de operaciones DDC (hasta xx operaciones) | _____ | _____ | 32x2* | _____ |
| C4 Sistema DDC con énfasis en características avanzadas del sistema, estrategias de conservación de energía y reportes sobre las aptitudes del sistema y como implementarlas (hasta xx supervisores) | _____ | _____ | 16x1 | _____ |

Duración total del entrenamiento (hrs):

116

*La frecuencia es de 2 sesiones de entrenamiento formal por especificación. La primera sesión será iniciada al momento de iniciar operaciones y la siguiente aproximadamente dos meses después.

Sección 4. Aprobaciones

Este programa de entrenamiento ha sido aprobado por los siguientes individuos, sujeto a cualquier adición y aclaraciones anotadas. (Este no es aprobación de entrenamiento completado)

Do-It-Right Inc, Representante

Fecha



ACx

Fecha

Temas de la agenda de entrenamiento

(Temas generales sugeridos para ser incluidos)

| Lista de temas sugeridos | | Requeridos por D-I-R Inc. | Duración Deseada (hrs). |
|--------------------------|--|---------------------------|-------------------------|
| 1. | Perspectiva general y descripción de los propósitos del sistema. | | |
| 2. | Resolución de problemas del sistema: Descripción del diagnóstico y procedimientos paso a paso para determinar la fuente de los problemas a nivel del sistema; revisión a detalle de los manuales de servicio. | | |
| 3. | Mantenimiento de componentes: instrucciones de procedimientos requeridos para revisiones preventivas semanales, mensuales y anuales, así como reparaciones tempranas para preservar la integridad del sistema. | | |
| 4. | Resolución de problemas de componentes: descripción de procedimientos de diagnóstico para determinar la fuente de problemas a nivel de componente. | | |
| 5. | Revisión de planos y esquemas de control (tener copias para asistentes). | | |
| 6. | Arranque, carga, operación normal, descarga, cierre, operación desocupada, etc., de ser aplicable. | | |



| | | | |
|---|--|--|--|
| 7. | Controles integrales (paquetes): programación, resolución de problemas, alarmas, manual de operación. | | |
| 8. | Sistemas automatizados del edificio: programación, resolución de problemas, alarmas, manual de operación, interfaces con controles integrales. | | |
| 9. | Interacciones con otros sistemas, operación durante falta de energía y fuego. | | |
| 10. | Asuntos relevantes para la salud y seguridad, así como características de seguridad especiales. | | |
| 11. | Operaciones y estrategias para conservación de energía. | | |
| 12. | Cualquier tema especial para mantener garantía. | | |
| 13. | Temas y métodos comunes de resolución de problemas, advertencias de sistema de control y mensajes de error, incluyendo usar el sistema de control para diagnósticos. | | |
| 14. | Requerimientos especiales de ocupantes para el funcionamiento de equipos. | | |
| 15. | Servicio, mantenimiento y mantenimiento preventivo (fuentes, inventario de partes sobrantes, herramientas especiales, etc.) | | |
| 16. | Periodo de preguntas y respuestas. | | |
| Horas requeridas totales: | | | |
| Horas totales requeridas por especificaciones: | | | |



Evaluación de entrenamiento.

Sesión: _____

Fecha: _____

Lugar: _____

Propósito: Este formato es usado para evaluar cada sesión de entrenamiento. Basado en esta evaluación, sesiones posteriores pueden ser mejoradas. Este formato será completado por el ACx y un empelado de D-I-R en el entrenamiento después de cada sesión.

Cada asistente llenara una copia de este formato. Marca las preguntas que no aplican con N/A.

| | | Desde 1= muy bien hasta 5= en lo absoluto | | | | | |
|----|---|---|---|---|---|---|-----|
| | | | | | | | |
| 1. | ¿Cómo fueron completados los objetivos de esta sesión de entrenamiento? | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | N/A |
| 2. | ¿Sabes dónde se encuentran localizados los componentes/sistemas? | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | N/A |
| 3. | ¿Sabes qué área están sirviendo los componentes/sistemas? | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | N/A |
| 4. | ¿Comprendes los varios tipos y propósitos de estos componentes/sistemas? | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | N/A |
| 5. | ¿Comprendes/Sabes cómo identificar problemas comunes sistemáticamente con estos componentes/sistemas? | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | N/A |
| 6. | ¿Sabes cómo los componentes/sistemas operan en sus modos normales? | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | N/A |
| 7. | ¿Qué tan bien comprendes la importancia de cumplir con el diseño previsto para los sistemas tratados? | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | N/A |



| | | | | | | | |
|-----|---|---|---|---|---|---|-----|
| 8. | ¿Eres capaz de encontrar de manera eficiente la información relevante en los manuales del sistema para operar y mantener los sistemas/componentes para los que fuiste entrenado en esta sesión? | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | N/A |
| 9. | ¿Sabes cómo llevar a cabo el mantenimiento necesitado en el equipo y/o cómo obtener la información que necesitas? | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | N/A |
| 10. | ¿Sabes cómo obtener información de servicio técnico actualizada para los componentes/sistemas? | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | N/A |

Explica por qué cualquiera de las preguntas obtuvo puntuaciones muy altas o muy bajas:

¿Qué temas desearías fueran cubiertos y que no estuvieron en esta sesión de entrenamiento?

Puedes proveer cualquier otro comentario acerca de cualquier cosa en relación con esta sesión de entrenamiento (ej. Información antes del entrenamiento, contenido):



Bibliografía

Organismo Nacional de Normalización y Certificación de la Construcción y la Edificación, S. C. ONNCCE

Norma Mexicana NMX-C-506-ONNCCE-2015

Declaratoria de vigencia publicada en el D. O. F. el día 16 de agosto de 2016.

The California Commissioning Collaborative
California Commissioning Guide: New Buildings.
2006 California Commissioning Collaborative

Normas Técnicas Complementarias para Diseño por Sismo
Noviembre de 2013

U.S. General Services Administration (GSA)
The building commissioning guide
Public Buildings Service. Office of the Chief Architect
Abril 2005

U.S. General Services Administration (GSA)
Commissioning Program
<https://www.gsa.gov/real-estate/design-construction/commissioning/commissioning-program>

Rúnar Orn Ágústsson
Tesis: Building Commissioning
Para obtener el grado de Maestro en Ingeniería Civil
Universidad Técnica de Dinamarca

ASHRAE
Guideline 0-2013: The Commissioning Process
2013

Matthew J. Nelson, PE, CPMP, ECO Commissions
Commissioning Authority
WBDG Commissioning Committee
https://www.wbdg.org/design/dd_ca.php



California Commissioning Collaborative
Commissioning Tools and Templates
<http://www.cacx.org/resources/cxtools/index.html>

Building Commissioning Association (BCxA)
New Construction Building Commissioning Best Practices
Febrero 2016

Energy Star
Proceso paso a paso de la Environmental Protection Agency (EPA)
Departamento de Diseño Comercial de Edificios

Environmental Protection Agency
EPA Building Commissioning Guidelines
Enero del 2009

Building Commissioning Association (BCxA)
Building Commissioning Handbook
Octubre de 2015

Public Works and Government Services Canada (PWGSC)
Commissioning Manual (CP.1)
4ta edición noviembre del 2006

Instituto Mexicano del Edificio Inteligente y Sustentable A.C.
Comisionamiento de edificaciones
<https://imei.org.mx/comisionamiento-de-edificaciones/>

NFPA Journal Latinoamericano
Definiendo el Comisionamiento
<http://www.nfpajla.org/archivos/edicion-impresa/comisionamiento-pruebas-integradas/706-definiendo-el-comisionamiento>

Portland Energy Conservation, Inc. (PECI)
Statement of work "Commissioning Authority Services for Building X"
2005



Portland Energy Conservation, Inc. (PECI)
Part II: Model Commissioning Plan Design Phase
Version 2.05, 2005.

Portland Energy Conservation, Inc. (PECI)
Part IV: Model Commissioning Plan Construction Phase
Version 2.05, 2005.

Portland Energy Conservation, Inc. (PECI)
Model Commissioning Plans Guide Specifications
<http://www.peci.org/model-commissioning-plans-guide-specifications.html>

BetterBricks
Building Commissioning for better public buildings. Case study: The verdict is in on Ada County Courthouse.
www.betterbricks.com/commissioning

BetterBricks
Case study: Banner Bank Building
www.betterbricks.com/commissioning

BetterBricks
Case study: Alley 24 Building
www.betterbricks.com/commissioning

Facilities And Operations Architecture, Engineering and Construction
Design guideline 4.3.3: Full Construction – Phase Commissioning Procedure
Universidad de Michigan

Facilities And Operations Architecture, Engineering and Construction
Design guideline 4.3.5: Commissioning Plan Procedure
Universidad de Michigan

The Computer Integrated Construction Research Program
BIM: operate.construction.design.plan Project Execution Planning Guide V. 2.1
Universidad del Estado de Pensilvania
Mayo 2011



Building Smart Spanish Chapter

Guía de usuarios BIM: gestión de un proyecto BIM V.1.0

Octubre 2014

Building Smart Spanish Chapter

Guía de usuarios BIM: BIM para mantenimiento y operaciones V.1.0.

Octubre 2014

Royal Institution Of Chartered Surveyors (RICS)

Building Information Modelling for Project Managers

Mayo 2017

Jóvenes Arquitectos Técnicos

BIM: un sistema cada vez más de moda, pero ¿en qué consiste?

<https://www.jovenesat.com/single-post/2014/11/11/BIM-un-sistema-cada-vez-m%C3%A1s-de-moda-pero-%C2%BFen-qu%C3%A9-consiste>

Noviembre 2014

Presichi Gerardo, Donobhan

Tesis: Aplicación de los métodos estático y dinámico modal para el diseño sísmico de edificios con disipadores de energía.

Para obtener el grado de maestro en Ingeniera.

Universidad Nacional Autónoma de México

Carabela Hernández, Julio César

Tesis: Comparación de la modelación, análisis y diseño de estructuras entre los programas SAP2000, ETABS, STADD PRO y ROBOT.

Para obtener el grado de Especialista en estructuras

Universidad Nacional Autónoma de México