

**TÍTULO: Los cinco niveles de Commissioning en apoyo a la explotación eficiente y efectiva de edificios**

**AUTOR: Andrés Sepúlveda, Director Gerente de Commtech y miembro del ASHRAE Spain Chapter BOG**

*“Aunque pueda sonar a tópico, ya no se construye, como antes. Hoy en día, los edificios son espacios confortables y seguros para sus usuarios, centros de trabajo dónde se realizan tareas, se toman decisiones y se generan ideas, terminales de comunicación, centros de proceso de datos y, mucho más. Son herramientas extremadamente caras que deben ajustarse continuamente y funcionar eficientemente. La economía de los edificios se ha convertido en un reto tan desafiante o más que su propio diseño” (Wilson, Ruegg & Marshall).*

## **1. Introducción**

Tanto el diseño y como la construcción de los edificios del siglo XXI, deben responder al reto de conseguir que su explotación sea fiable y sostenible. La fiabilidad, está supeditada a una adecuada selección de equipos y sistemas que correctamente montados y probados de manera integrada nos garantiza una larga vida útil de funcionamiento de alto rendimiento sin fallos. La sostenibilidad asociada está intrínsecamente unida a una explotación que, siendo fiable, requiera cada vez menos recursos y minimice las emisiones de carbono. En consecuencia, la Industria de la Construcción debe acoger todas aquellas tecnologías y metodología de trabajo orientadas a la mejora y optimización de su operación y mantenimiento, admitiendo que la vida útil de un edificio es función de su rendimiento y el de sus instalaciones y de cómo éste, puede sostenerse a largo plazo.

En consecuencia, los equipos responsables de la gestión y ejecución de proyectos se están dando cuenta de la importancia que tiene la medición y verificación precisa de los rendimientos de los equipos, sistemas e instalaciones de los edificios. Esto viene demandado por los individuos que los habitan, trabajan o disfrutan, por una sociedad y una economía cada vez más exigentes y por la influencia en un medio ambiente que heredarán las generaciones venideras. Por tanto, deben implantarse soluciones técnicas que cumplan las expectativas, que sean flexibles, que sean

fáciles y poco costosas de utilizar y mantener, que consuman poca energía y que no perjudiquen a nuestro entorno.

Casi siempre hay diferencias entre las expectativas de la Propiedad o Usuario Final, las bases de diseño y los rendimientos reales obtenidos. Se produce incluso una especie de vacío entre construcción y explotación que hace que muchos edificios se recepcionen en condiciones operativas insuficientes, debido, casi siempre, a retrasos de programación que conducen a sacrificar los tiempos dedicados a la puesta en marcha y entrega de instalaciones.

Ciertas Propiedades aceptan que en la fase de recepción, los edificios funcionen según las especificaciones de proyecto pero no en modo optimizado de explotación. Es más, hay deficiencias en el funcionamiento de instalaciones que no se detectan en su entrega ya que la prioridad en esta fase se centra en la legalización y obtención de licencias, sin las cuales el edificio no puede ser ocupado. Ciertas deficiencias no detectadas antes de la ocupación, aparecen tarde o temprano, y son muy costosas de remediar a posteriori. Otras, dan lugar a problemas de control en el sistema de gestión del edificio, en los consumos energéticos, en la fiabilidad y durabilidad de los equipos, en el confort y productividad de los ocupantes y en la sostenibilidad del edificio. Los bajos rendimientos de los sistemas instalados en los edificios pueden permanecer ocultos y conducir a problemas crónicos irresolubles.

Los Equipos de Dirección y Gestión de Proyectos están cada vez más convencidos de la necesidad de implantar un proceso de calidad que trate y resuelva las deficiencias mencionadas, intensificando, en exigencia, la fase de recepción del edificio. Este proceso, llamado "Commissioning" debe claramente establecer, ya en fase de diseño, los rendimientos requeridos y establecer un plan de acción para alcanzarlos. El objetivo del Commissioning (Cx) es, por tanto, proporcionar la confirmación documentada que las instalaciones del edificio cumplen los requerimientos funcionales de la Propiedad y sus usuarios de forma fiable, eficiente y sostenible.

## **2. Definición del Proceso de Commissioning**

Según ASHRAE, Commissioning Cx es el proceso planificado que tiene como objetivo verificar y documentar que las instalaciones de un edificio están proyectadas, montadas, probadas, operadas y mantenidas satisfaciendo los requerimientos de la Propiedad y los criterios de diseño y cumpliendo las condiciones exigidas para su utilización eficiente y fiable desde el primer día.

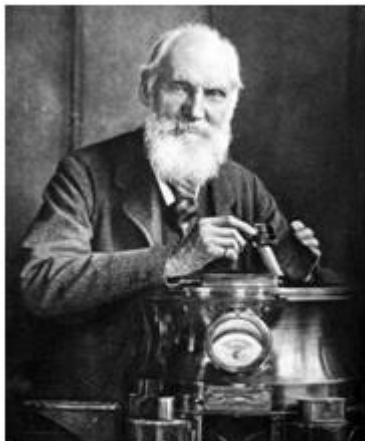
Aunque este proceso adquiere un mayor alcance en las Instalaciones de Climatización o Confort de un Edificio, debido a que:

- Estas instalaciones y sus sistemas de gestión centralizada asociados son cada vez más complejos.
- Son críticas respecto al consumo energético total del Edificio y por tanto a sus costes de explotación.
- Existe una demanda creciente de un mayor confort y de una mayor calidad del aire ambiental.

El Proceso de Commissioning debe aplicarse a todas las instalaciones en general, probando que una vez integradas, responden a las necesidades del Usuario y reaccionan adecuadamente a condiciones de estrés o a posibles fallos. Este proceso debe iniciarse en la fase de proyecto con el fin de verificar que las pruebas de puesta en marcha y su documentación están perfectamente especificadas y que el diseño incorpora elementos que permitan su ejecución. Una parte fundamental del Proceso es la redacción de un Plan Director de Puesta en Marcha dónde se establecen el alcance y responsabilidades del Equipo de Proyecto y que sirve como base para las labores de coordinación y seguimiento así como la validación de los resultados de las pruebas. Durante la realización de las mismas, una vez concluido el montaje, el alcance del Commissioning se centra en la verificación y la documentación de la obtención de los parámetros de diseño y de las condiciones de funcionamiento establecidas en el Proyecto de Ejecución.

La última fase del proceso consiste en validar la capacitación del personal de explotación y en la calibración de los parámetros operativos a las necesidades reales de los usuarios del Edificio.

Podemos, por tanto esquematizar el Proceso de Commissioning, con ayuda de la siguiente figura:



*Nada se sabe de una magnitud física si no se puede medir y expresar numéricamente.*

**(Lord Kelvin )**

**Fig. 1**

### **3. Beneficios del Proceso de Commissioning**

Los beneficios que este proceso aporta a la ejecución, gestión y explotación de un edificio, son los siguientes:

- Mejora de la seguridad, confort y de la productividad de sus usuarios
- Disponibilidad de las condiciones ambientales higiénicas y sanitarias más adecuadas
- Reducción de los consumos energéticos y costes de explotación
- Optimización del funcionamiento y mantenimiento de equipos y sistemas, extensión de su vida útil
- Disponibilidad de una mejor y más detallada documentación que permita emprender futuras actuaciones de manera más fiable

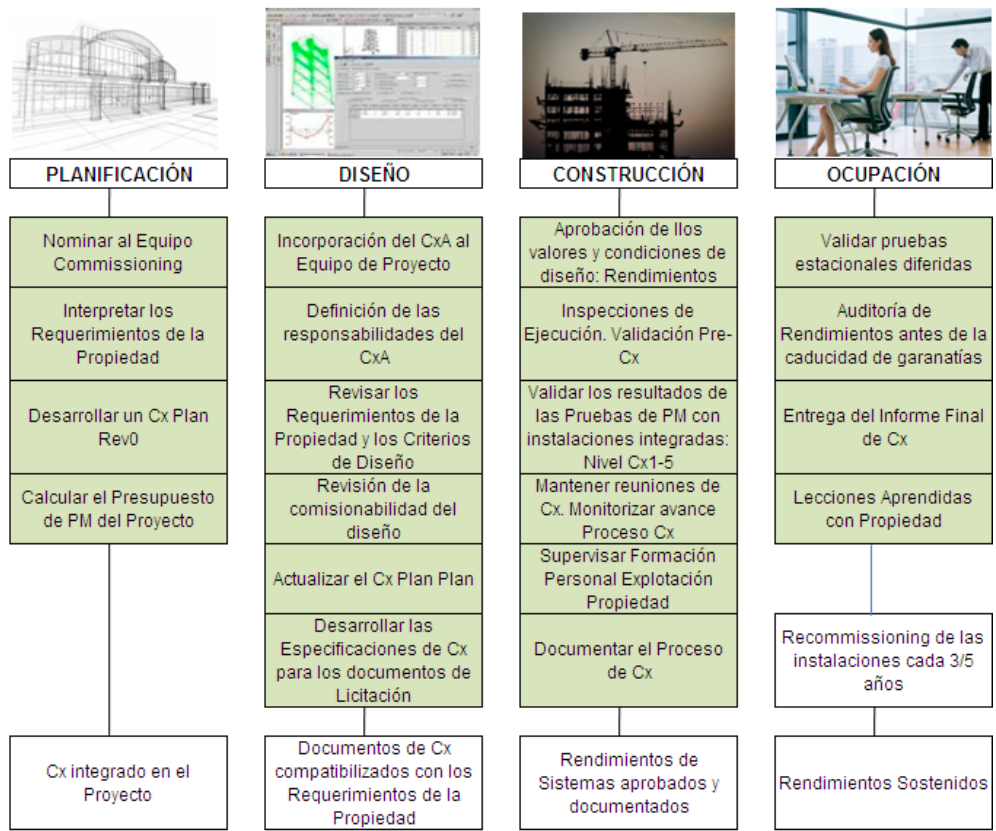
Sin embargo, hay destacar que el éxito en la implantación de un Proceso de Commissioning en la Puesta en Marcha de un Edificio, está fundamentado en:

1. El convencimiento y apoyo de La Propiedad y de la Dirección Facultativa al proceso, desde el primer día.
2. El reconocimiento de la autoridad del Gestor de Commissioning.
3. La colaboración de los distintos contratistas.
4. La participación activa del futuro Equipo de Explotación del Edificio.

#### 4. Implantación del Proceso.

El Proceso de Commissioning en el proyecto de construcción de un edificio, se implanta en las siguientes fases del mismo:

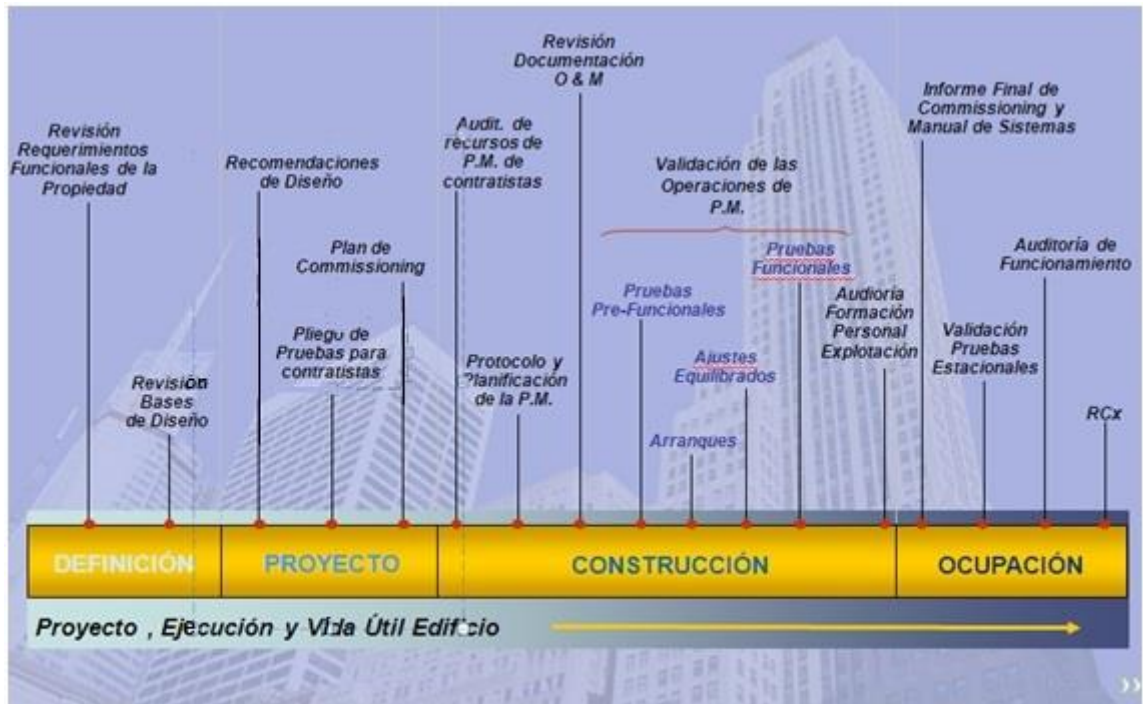
##### Fases Proceso de Commissioning



El Commissioning se integra en el Proceso de Construcción del Edificio.



**Fig. 2: Integración Cx en la construcción del Edificio**



**Fig. 3: Fases del Proceso de Commissioning**

Las actuaciones específicas de Commissioning en cada de las fases indicadas en las figuras 1 y 2, serían las siguientes:

### 1. Preparación:

- Entender los requerimientos de operación y explotación sostenible de La Propiedad y de los posibles usuarios finales
- Comprender y estudiar los criterios de diseño y las memorias de funcionamiento del Proyecto de Ejecución de Instalaciones de la Ingeniería
- Identificar las prestaciones de las instalaciones a probar, medir y verificar durante las pruebas de funcionamiento
- Proponer una Estrategia de Puesta en Marcha
- Integrar el Gestor de Commissioning, CxA, en el organigrama del Equipo de Proyecto

## **2. Revisión del diseño:**

- Verificar que el diseño facilite, posibilite y favorezca una puesta en marcha y una explotación eficiente
- Establecer el potencial de puesta en marcha del Proyecto de Ejecución
- Establecer los alcances de puesta en marcha de los distintos contratistas en el Pliego de Licitación
- Proponer una Metodología de Validación de Pruebas de Puesta en Marcha
- Preparar un Plan Director de Puesta en Marcha
- Integrar y detallar las Operaciones de PM en el Planning de Obra

## **3. Pre-construcción:**

- Auditar los procedimientos y la capacidad, recursos e instrumentación, para la ejecución de las operaciones de puesta en marcha de cada contratista
- Editar el Plan Director de Puesta en Marcha y exponerlo al Equipo de Proyecto y Contratistas
- Distribuir el documento Recomendaciones de Montaje para facilitar la PM, a los Contratistas
- Nominar al Equipo de Puesta en Marcha del Proyecto

## **4. Montaje:**

- Inspecciones para comprobar que el montaje facilite la puesta en marcha y futura explotación
- Secuenciar y planificar el Calendario de Pruebas
- Establecer y coordinar los circuitos de comunicación
- Supervisar las pruebas en curso de montaje
- Validar las condiciones previas al inicio del Proceso de Puesta en Marcha: Precommissioning



## **5. Puesta en Marcha:**

- Verificar la disponibilidad de documentación As-built, instrumentación, recursos humanos, listado y secuencia de pruebas, valores nominales y condiciones de operación, fichas a cumplimentar y planning de operaciones
- Implementación secuencia y validación de pruebas
- Verificaciones o pruebas pre-funcionales
- Arranques operativos
- Comprobación operatividad del Sistema de Gestión
- Equilibrados y ajustes
- Pruebas funcionales y de rendimiento
- Repetición de pruebas no-conformes
- Documentación
- Pruebas de Integración

## **6. Recepción:**

- Validación de condiciones de funcionamiento por planta
- Documentar el Proceso de Commissioning con los resultados de las pruebas y el análisis de las desviaciones
- Presentar a la Propiedad el Informe Final de Commissioning
- Elaborar un Manual de Sistemas
- Validar la formación del Personal de Mantenimiento
- Analizar con el Equipo de Mantenimiento de la Propiedad, los resultados del Proceso de Commissioning y hacer entrega de toda la documentación
- Gestionar el proceso de liberación de garantías

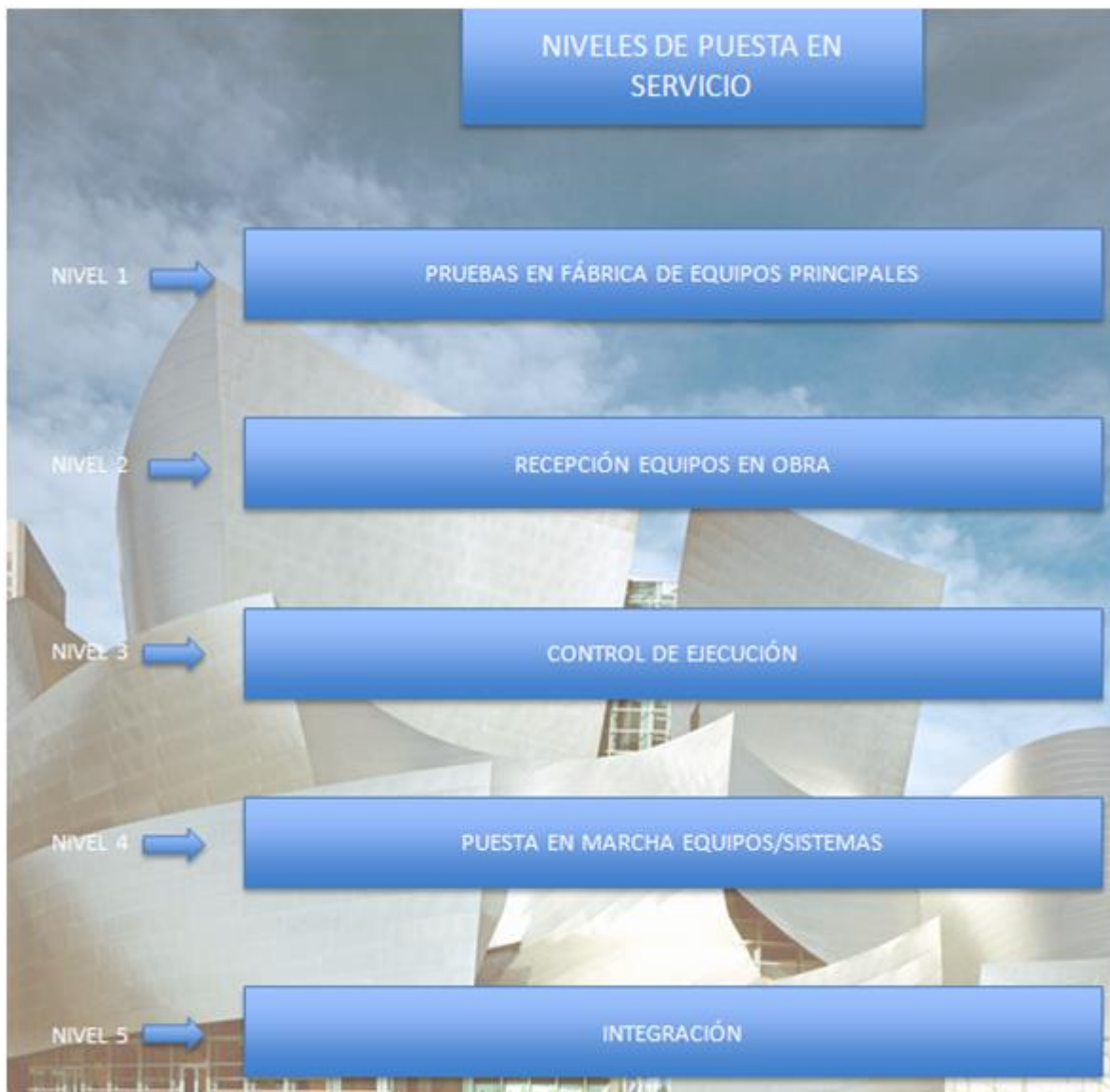
## **7. Ocupación Inicial:**

- Validación de las condiciones de funcionamiento en los proyectos de habilitación para uso propio
- Verificación de las condiciones de funcionamiento y de los parámetros de operación una vez implementados los proyectos de habilitación de inquilinos
- Ajustar o recalibrar parámetros operativos en función de los usos
- Convocar una reunión de lecciones aprendidas con la Propiedad para analizar áreas de mejoras y de optimización del proceso

## **8. Verificaciones durante el ciclo de vida de las instalaciones del Edificio:**

- Desarrollo de un Proceso de Continuous Commissioning CCx :
- Recalibración de los valores de diseño en función del uso y explotación del edificio
- Programar y validar pruebas para garantizar que en los sistemas se mantienen las prestaciones operativas
- Auditar el funcionamiento de ciertos sistemas

## 5. Los cinco Niveles ASHRAE de Commissioning



**Fig. 4: Niveles ASHRAE de Commissioning**

El desglose de actuaciones del Proceso por niveles secuenciales de Commissioning sería

### NIVEL 1, Cx ASHRAE:

- Aprobación de los modelos seleccionados para su instalación.
- Aprobación del Protocolo de Pruebas en Fábrica de cada fabricante de Equipos Críticos
- Asistencia a las pruebas en fábrica por cada modelo distinto de equipo crítico.

Los gastos de desplazamiento serán por cuenta de Commtech

- Aprobación de los resultados de Pruebas en Fábrica
- Preparación de la Documentación Nivel 1 de Cx incluyendo los resultados ensayos en fábrica de los componentes críticos de cada equipo no fabricados por el propio Fabricante

**NIVEL 2 ,Cx ASHRAE:**

- Recepción de equipos críticos en obra verificando la Hoja de Aprobación de Equipos
- Comprobación correcta de ubicación de equipos
- Etiquetado de Equipos que permita, visualmente, comprobar en qué Nivel de Cx se encuentra.

**NIVEL 3, Cx ASHRAE:**

- Aprobación del Protocolo de Pruebas Nivel 4 de cada fabricante de Equipos Críticos
- Aprobación del Protocolo de Pruebas Nivel 4 de cada Instalador
- Actualización del Plan Director de Puesta en Marcha
- Comprobación de la terminación correcta del montaje instalación y/o equipo
- Validación de las condiciones de Precommissioning requeridas para el inicio del Nivel 4 de Cx:
- Verificación trazado, limpieza y sellado de la red de conductos de distribución de aire.
- Validación de pruebas de estanqueidad en las redes hidráulicas.
- Localización de Puntos de Test.
- Comprobación de la operatividad de los depósitos de expansión y presurización.
- Comprobación de las distintas puestas a tierra.
- Comprobación de los sistemas de protección.
- Previa a la entrada en carga de la instalación eléctrica, comprobación de la

realización de:

- Comprobación del cableado, embornado y conexiones interiores de cuadros.
- Megado o resistencia de aislamiento de conductores.
- Continuidad de la red equipotencial y conductor de protección.
- Verificación instalación elementos de campo y rangos seleccionados.
- Supervisión del cumplimiento de las condiciones exigidas para la puesta en marcha de los equipos críticos.
- Comprobación acceso libre a todos los elementos para puesta en marcha y mantenimiento.
- Aprobación de los recursos de puesta en marcha de los instaladores, fabricantes y/o proveedores para el inicio del Nivel 4 de Cx
- Aprobación Planning de Puesta en Marcha Nivel 4 de Cx

#### **NIVEL 4, Cx ASHRAE:**

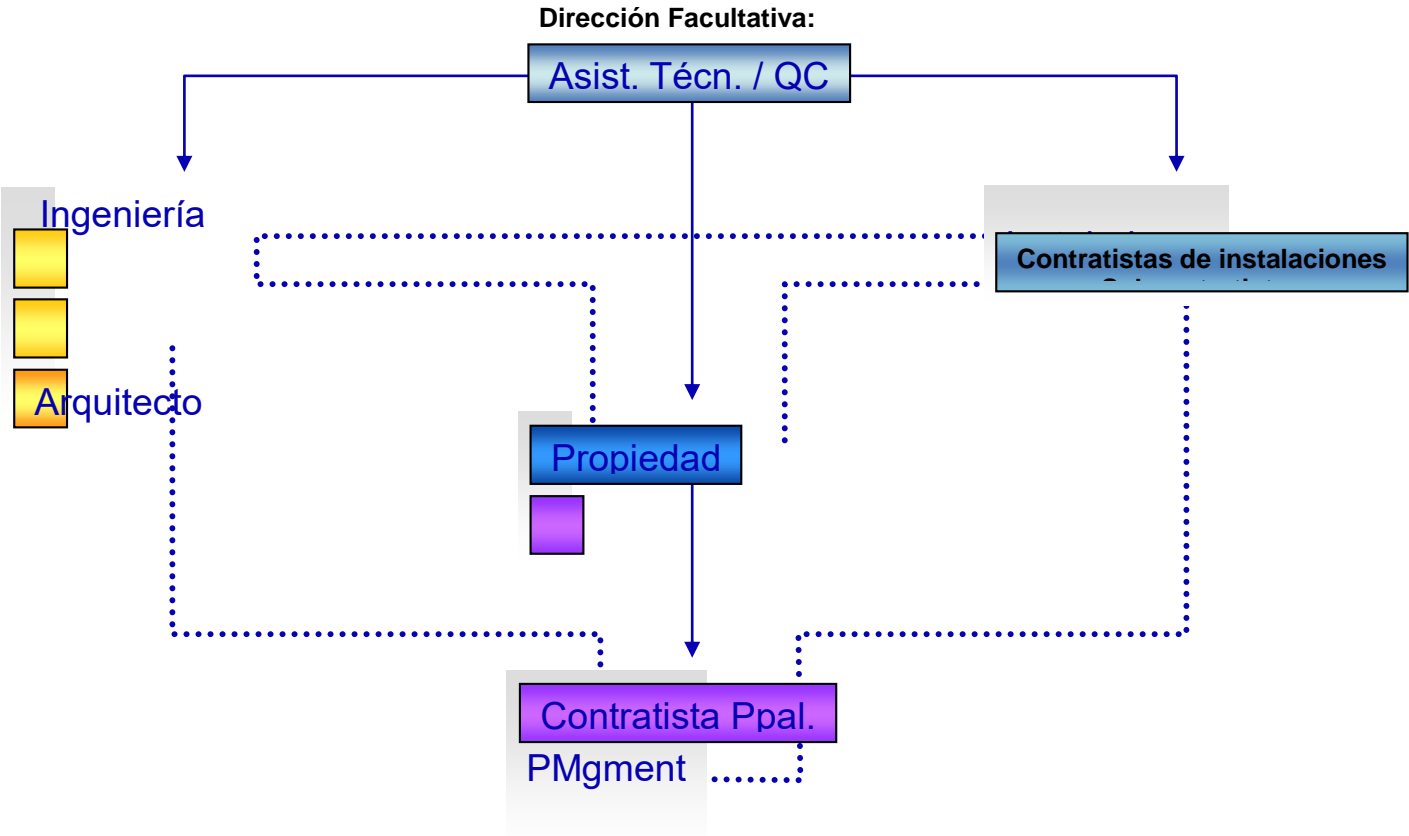
- Con el Sistema de Control centralizado 100 % operativo y tensión definitiva, coordinación, planificación, supervisión, validación y documentación de las pruebas de arranque , funcionales , rendimiento e integradas de equipos y sistemas en el BMS

#### **NIVEL 5 Cx ASHRAE:**

- Actualización y distribución del Manual de Ensayos de Integración
- Coordinación de los recursos necesarios por parte de fabricantes e instaladores
- Reunión de Lanzamiento del Nivel 5 de Cx
- Ejecución de los Ensayos de Integración o rest de comportamiento de las instalaciones a modo fallo, corrección de anomalías y repetición de ensayos no conformes
- Validación de los resultados satisfactorios de las pruebas de Integración

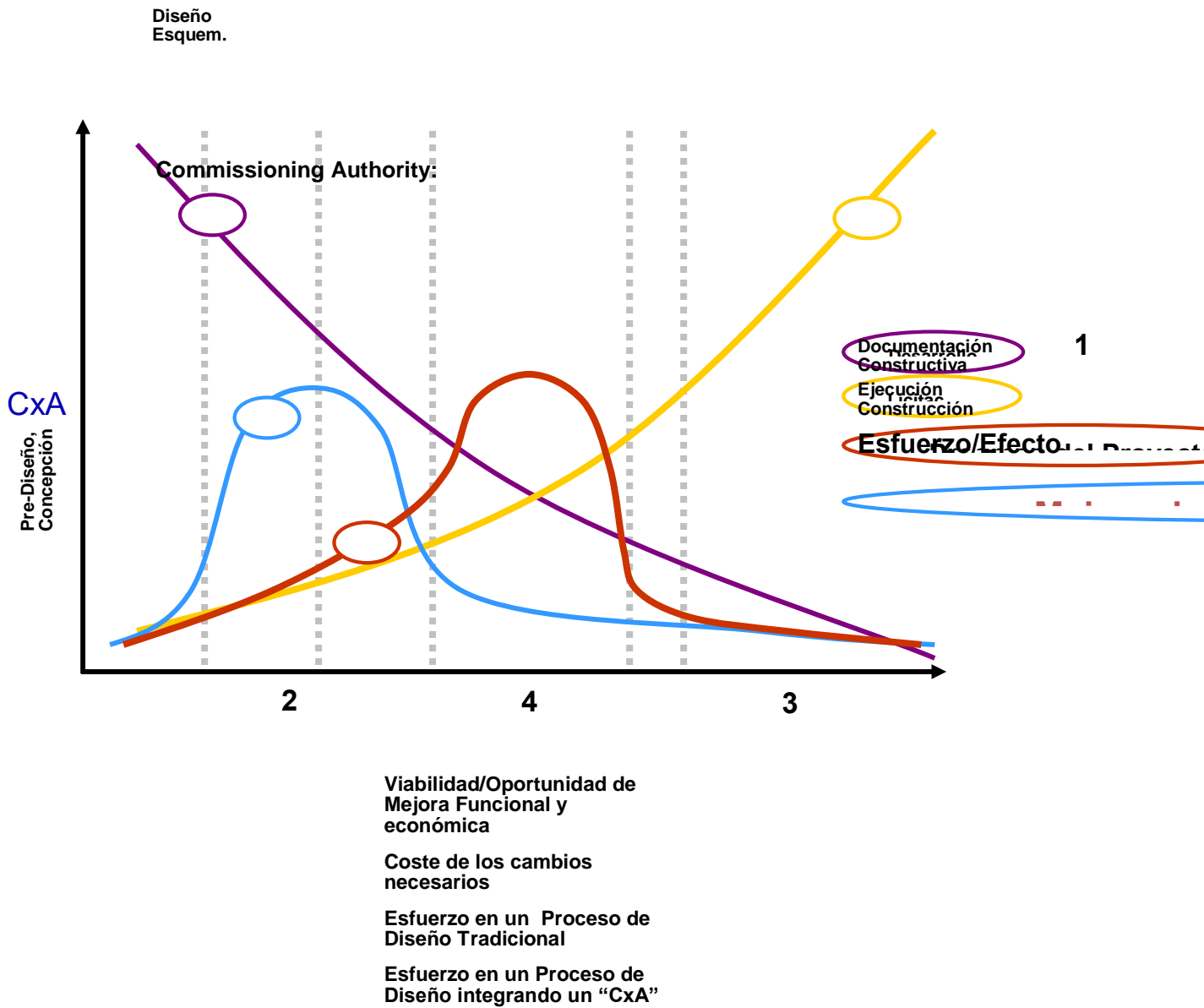
## 6. Incorporación del Responsable de Commissioning al equipo de Proyecto

La organización de dirección de proyecto con la incorporación de la disciplina de Commissioning, puede responder al siguiente organigrama:

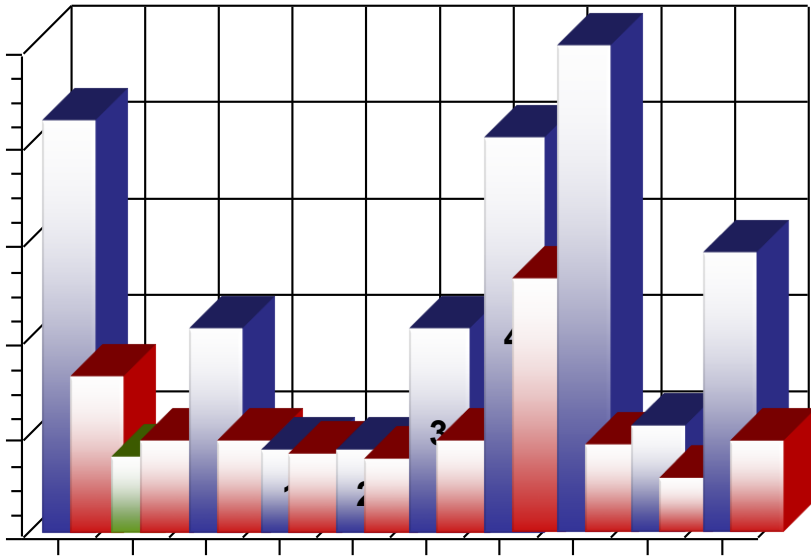


## 7. Impacto de los Costes de Commissioning

Las actividades de Commissioning deben iniciarse en fase de diseño como demuestra el gráfico siguiente:



Recientes estudios llevados a cabo en Estados Unidos, demuestran que los gastos de explotación de un edificio de oficinas no sometido a un proceso de Commissioning son entre un 8 y un 20 % más elevados que si su puesta en servicio se hubiera llevado a cabo aplicando la Metodología del Commissioning.

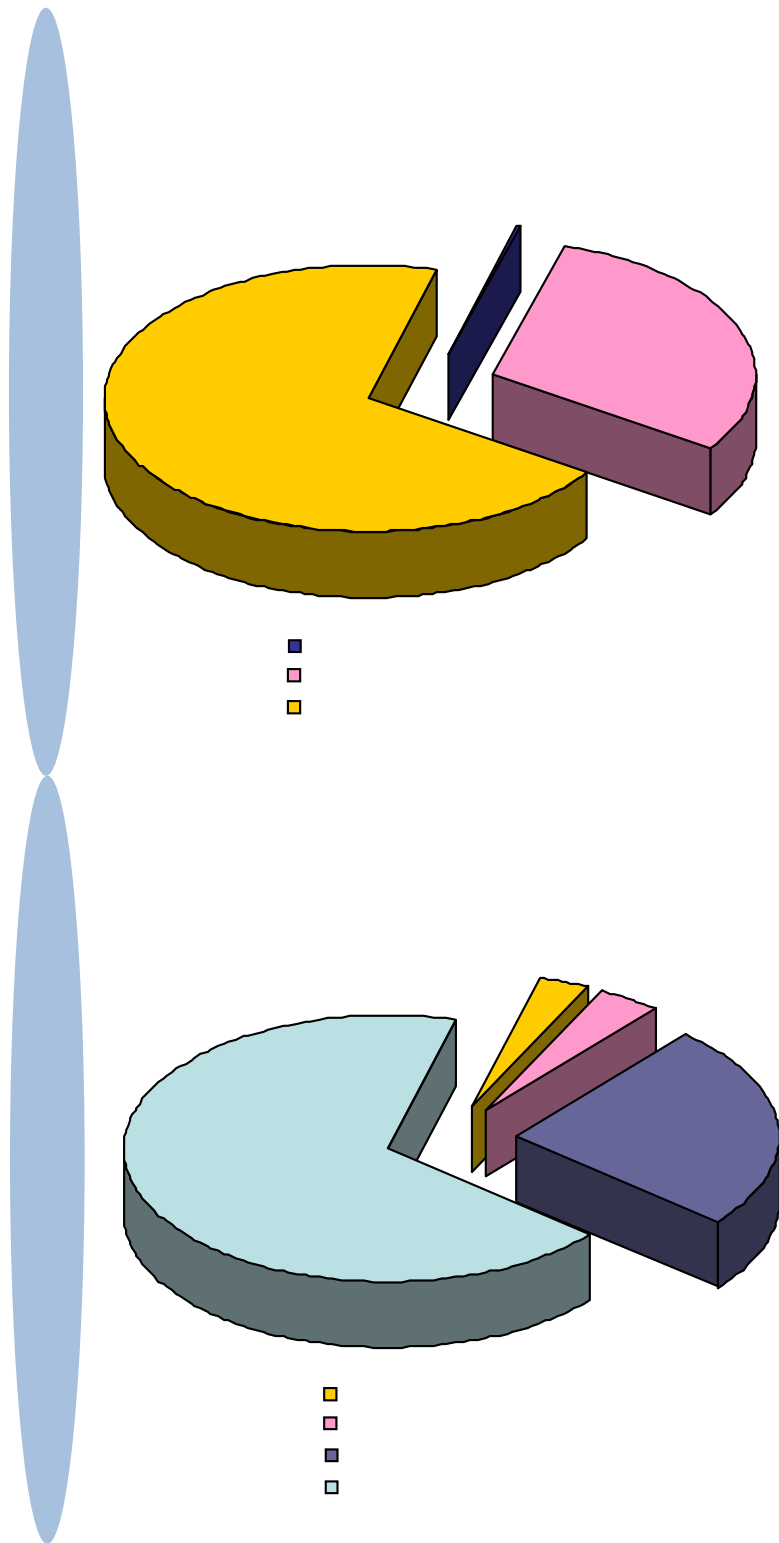


Estos ahorros pueden desglosarse en una reducción de los consumos energéticos entre un 20 y un 30% y los de mantenimiento entre un 15 y un 35 %.

Consideremos ahora la perspectiva del proceso de explotación y la consolidación de costes:







Muchas veces no se analizan los incrementos de productividad de las personas que trabajan en un edificio.

Consideremos un Edificio de Oficinas de 25.000 m<sup>2</sup>, con una ocupación de 2.500 personas. Estableciendo un coste salarial medio de 20.000 €, los costes anuales totales serían de 50 Millones de Euros.

Según las estadísticas del Electric Power Research Institute, publicadas el año 2010, un aumento medio de la productividad, directamente relacionada con los beneficios aportados por un eficiente proceso de Commissioning, es decir:

- Confort optimizado
- Condiciones ambientales más higiénicas y saludables
- Reducción del número de quejas

, puede cifrarse entre un 10 y un 20%.

Esto traducido al caso anteriormente mencionado, tendría un impacto de 5 a 10 Millones de Euros al año.

Los costes totales de Commissioning según el “US Department of Energy’s Rebuild America Program” deben presupuestarse entre un 0,4 y un 1,4 % del coste total de las instalaciones de un edificio.

Esto conduce a retornos de 2 a 3 años de la inversión en Commissioning en un edificio de nueva construcción y en menos de 1 año en un edificio existente.

## 8. Referencias bibliográficas

- Facilities Standards for the Public Building Services (GSA)
- ACG Commissioning Guidelines
- ASHRAE Commissioning Guidelines
- Commissioning Job Book (BSRIA Guide)
- Commissioning HVAC Systems (BSRIA Guide)
- Model Commissioning Plan (BSRIA Guide)
- Achieving the Desired Indoor Climate (The Commtech Group)
- CIBSE Commissioning Codes (A-W)
- NEBB Commissioning Procedural Standards
- The building commissioning guide, GSA
- Model Commissioning Plan and Guide Specification (PECI)
- HVAC Systems Commissioning Manual (SMACNA)
- Continuous Commissioning Guide Book (FEMP)
- California Commissioning Guide (CACx)
- Manuel de Mise en Service (TPSGC)
- Diversos artículos y ponencias sobre los procesos de Commissioning (Andrés Sepúlveda)
- Protocolos y Procedimientos de Puesta en Marcha (Commtech)
- LEED Reference Guides