



**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA  
FACULTAD DE CIENCIAS ADMINISTRATIVAS**



**“ANÁLISIS DE REQUERIMIENTOS Y PROPUESTA DE UN  
EDIFICIO INTELIGENTE PARA UNA EMPRESA A NIVEL LOCAL”**

**CASO PRÁCTICO QUE PARA OBTENER EL GRADO DE:  
MAESTRO EN TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN Y LA  
COMUNICACIÓN**

**PRESENTA**

**JOSÉ ALFREDO ROBLES VALENZUELA**

**Mexicali, Baja California**

**diciembre de 2013**

## **Constancia**

## **Dedicatoria**

Primero que todo deseo dedicar esta etapa en mi vida profesional a Dios, ya que de El proviene la salud, las fuerzas y la facultad para realizar mi posgrado y este trabajo terminal. Así mismo, dedico este esfuerzo a mi amada esposa, quien me apoyó en todo tiempo desde el inicio de este proyecto y se sacrificó durante las horas que estuve sumergido en la realización de esta investigación. A mi hijo Jonathan, por comprender que a veces su papá no estaría para ayudarle con sus tareas escolares.

## **Agradecimientos**

Mi sincera gratitud a quienes de alguna manera aportaron algo para el logro de este proyecto; a mi directora de tesis, MTIC. Claudia Viviana Álvarez Vega por su apoyo y orientación en todas las etapas de este documento, por sus valiosas sugerencias en cuanto a los contenidos y el orden de los mismos, A mis maestros de cada cuatrimestre, por su desinteresado esfuerzo en impartir sus conocimientos y experiencias, por animarme a superarme y alcanzar este logro. A Conacyt, por la aportación económica a través de la Beca a los programas de posgrado de calidad. En fin, a la Facultad de Ciencias Administrativas y a la UABC.

## **Resumen**

El tema principal es sobre Edificios Inteligentes. Esta propuesta ofrece una alternativa de solución al problema de falta de integración de los sistemas y prestaciones del edificio de una empresa, mediana a grane, a nivel local.

Se realiza un diagnóstico de los requerimientos de las empresas en Mexicali mediante un instrumento (Cuestionario) para conocer el nivel o grado de inteligencia de sus edificios.

Se analizan los datos en SPSS y se obtienen cruces con las variables claves de la empresa y algunos porcentajes de utilización de tecnologías de seguridad, confort y gestión energética del edificio.

Se propone integrar todos los sistemas y prestaciones del edificio mediante la instalación de dispositivos de control sobre la red de área local y un software especializado que permita la eficiencia energética, la seguridad y el confort de sus ocupantes de manera holística.

Los resultados que se obtienen ayudan a la empresa para la toma de decisiones.

Cabe destacar que el desarrollo del proyecto se realiza a manera de experimento, simulando las funcionalidades de los elementos propuestos mediante un sitio de pruebas en tiempo real, donde se puede administrar, configurar, monitorizar y modificar todos los elementos. Además se obtienen reportes gráficos del estado actual del edificio así como de los consumos energéticos.

## Tabla de Contenidos

1. Introducción	1
1.1 Antecedentes	1
1.2 Planteamiento del Problema	3
1.3 Objetivos	4
1.3.1 Objetivo General	4
1.3.2 Objetivos específicos	5
1.4 Justificación	5
1.5 Alcances y Limitaciones	6
2. Marco Teórico	8
2.1 Las Organizaciones	8
2.2 Las TI y las Organizaciones	9
2.3 Gestión de Requerimientos	12
2.4 Los Edificios Inteligentes	16
2.5 Dispositivos Multiagentes	21
2.6 Protocolos	23
2.7 Normas, Certificaciones y Regulaciones	25
2.7.1 Normas ISO	25
2.7.2 Certificación LEED	26
2.8 Gestión de Riesgos y Continuidad del Servicio	28
2.8.1 Certificación ITIL	28
2.9 Casos de Éxito	34
3. Metodología	38
3.1 Diagnóstico de Requerimientos	38
3.2 Análisis de Datos	39
3.3 Evaluación de Proyectos de Inversión	43
3.4 Desarrollo del Proyecto	45
3.5 Pruebas de Laboratorio en Tiempo Real	54
4. Resultados	61
5. Conclusiones y Recomendaciones	63
Referencias Bibliográficas	65

Anexos _____	67
Anexo A.- Cuestionario diagnóstico _____	67
Anexo B.- Normas Oficiales Mexicanas _____	71

### **Lista de Tablas.**

Tabla 2.1 Metodología para la Evaluación de Riesgos _____	33
Tabla 2.2 Comparativo: Plan de Recuperación vs. Plan de Continuidad del Negocio ____	34
Tabla 3.1 Relación de Dispositivos y su Ubicación _____	46

### **Lista de Figuras**

Figura 2.1 Ciclo de Interacción de Áreas de IT Govenance _____	10
Figura 2.2 Pirámide de los Tres Niveles de Requerimientos _____	13
Figura 2.3 Pirámide Generacional de Edificios Inteligentes _____	21
Figura 2.4 Arquitectura de Control Centralizada y Distribuida _____	22
Figura 2.5 Esquema de un Sistema Cableado y uno Inalámbrico _____	23
Figura 2.6 Esquema de Estrategia de Servicios ITIL V3. _____	28
Figura 2.7 Clasificación de las Amenazas _____	31
Figura 2.8 Diagrama PDCA para la Prevención de Riesgos _____	32
Figura 3.1 Red de Área Local de la Empresa _____	46
Figura 3.2 Arquitectura Distribuida en Bus con Protocolos Abiertos _____	46
Figura 3.3 Aspectos Principales de Control del Edificio _____	47
Figura 3.4 Ejemplo de Planos Arquitectónicos de la Empresa _____	47
Figura 3.5 Ejemplo de las Zonas del Edificio _____	48
Figura 3.6 Equipos Propuestos para Control de Circuitos Eléctricos _____	49
Figura 3.7 Equipos y Tableros para el Control de Iluminación en Interiores _____	49
Figura 3.8 Equipos para el Control de Iluminación en Exteriores _____	50

Figura 3.9 Fuente de Alimentación y Repetidor de Señal	50
Figura 3.10 Esquema de Conexión de Sistema Eléctrico Controlado	50
Figura 3.11 Equipos y Dispositivos para el Control de Acceso	51
Figura 3.12 Sensores Diversos	51
Figura 3.13 Esquema de los Módulos de Niagara AX	52
Figura 3.14 Pantalla Mostrando Mapa de las Oficinas en 3D	52
Figura 3.15 Pantalla de Configuración de Dispositivos de Control	53
Figura 3.16 Pantalla de Programación de Horarios	53
Figura 3.17 Menú Principal de Sistema	54
Figura 3.18 Opciones Generales del Menú Niagara Building	55
Figura 3.19 Gráfico del Conjunto de Edificios	56
Figura 3.20 Gráfico de Medidores de Consumo	56
Figura 3.21 Monitoreo de la Climatización	57
Figura 3.22 Configuración del Perfil del Personal	57
Figura 3.23 Consola de Alarmas	58
Figura 3.24 Reporte de Consumo Eléctrico por Segmentos	59
Figura 3.25 Reporte Comparativo: Demanda vs. Consumo	59
Figura 3.26 Reporte Predictivo del Recibo Mensual	60
Figura 3.27 Reporte Histórico Anual de Consumo Eléctrico	60
Figura 4.1 Integración de los Servicios en la Red LAN	61
Figura 4.2 Monitoreo de la Seguridad del Edificio	61
Figura 4.3 Diferentes Mediciones de la Gestión Energética	62
Figura 4.4 Distribución Uniforme de la Climatización del Edificio	62

### **Lista de Gráficas**

Gráfica 3.1 Cruce: Tamaño de la Empresa vs. Análisis FODA	39
Gráfica 3.2 Cruce: Giro de la Empresa vs. Gobernabilidad de TI	40
Gráfica 3.3 Cruce: Tamaño de la Empresa vs. Innovación/Mejora Continua	40
Gráfica 3.4 Cruce: No. de Nodos vs. Cableado Certificado	40

Gráfica 3.5 Frecuencias de las Variables Significativas del Instrumento	41
Gráfica 3.6 Comparativo de Tipos de Sistemas Informáticos	41
Gráfica 3.7 Tipos de Luminarias	42
Gráfica 3.8 Integración de Todos los Sistemas del Edificio	42

## **Capítulo 1. Introducción.**

El presente trabajo proyecta una aplicación de las Tecnologías de la Información y la Comunicación para ofrecer una propuesta de Edificio Inteligente para una Empresa a nivel local. Se asume que la empresa ya cuenta con un edificio con un grado mínimo de inteligencia, así como una infraestructura de red de área local. Los beneficios esperados incluyen, la seguridad y el confort de los empleados y funcionarios, además el control de los servicios del edificio así como, eventualmente, el ahorro en su consumo eléctrico. Lo cual representa una disminución del impacto al medioambiente.

Desde esta perspectiva, se propone la integración de una gran gama de servicios y sistemas (descritos más adelante) que son controlados, monitoreados y administrados por un software central para aumentar la productividad y estimular la creatividad de los empleados reduciendo los costos de operación y el impacto medioambiental. Para lograr estos beneficios se propone revisar y actualizar su infraestructura de red de área local y modificar los tableros y distribuidores eléctricos con elementos de control automatizados con el fin de instalar los dispositivos y sensores que detecten un incidente y envíen una señal al software instalado en el servidor de la empresa y se proceda a efectuar una acción programada, tal como, encender las luces al detectar la presencia de una persona o el cambio de estado de los circuitos eléctricos a la hora especificada o registrar la asistencia de los empleados. Además, los niveles gerenciales podrán tomar decisiones basados en los reportes obtenidos de este sistema.

### **1.1 Antecedentes**

A principio de los 80's, algunas revistas empezaron a publicar artículos sobre los "Edificios Inteligentes". Publicaciones concernientes a sistemas mecánicos que hablaban sobre edificios que tenían sistemas de algún grado de automatización que lograban eficientar el consumo de energía, traducido en un ahorro considerable. Algunas otras revistas hablaron sobre el avance significativo de los sistemas de redes de telecomunicaciones lo cual implicaba la eficiencia de los esquemas de comunicación en un edificio y hacerlo más inteligente.

El concepto de alta tecnología en edificios inteligentes fue introducida en Estados Unidos a principios de los 80's. Aunque no existe una definición formal, los edificios inteligentes usan componentes electrónicos y de alta tecnología. De hecho, la Academia Nacional de Ciencias en Washington, DC tiene un comité que se ocupa del manejo electrónico de los edificios, en el reconocimiento de los aspectos electrónicos de un edificio inteligente y se puede dividir la operación en cuatro categorías:

1. Eficiencia del Consumo de Energía
2. Sistema de seguridad y alarmas
3. Sistemas de Telecomunicaciones.
4. Automatización de áreas de trabajo.

Según la Revista Ingeniería Energética (2011), la conclusión que se obtuvo sobre el tema en el Simposio Internacional de Toronto en 1985 fue: “Un edificio Inteligente combina innovaciones tecnológicas y no tecnológicas, con administración inteligente de los recursos del mismo, para maximizar el retorno de inversión”

El diseño y construcción de edificios actualmente demanda la inclusión de requerimientos que hasta hace pocos años no se consideraban. Por ejemplo, incluir un Site de servidores dedicado, soluciones integradas de ventilación, aire acondicionado y redes de energía inteligentes. Sumando igualmente los retos de la gestión energética de las instalaciones ya existentes, además de los sistemas de seguridad y control de acceso computarizado. Webb (2006) indica que “los sistemas en edificios como el de iluminación, ambiente y seguridad pueden compartir información digital con otros sistemas y con aplicaciones de gestión de la empresa por medio de la web, todo esto logra la reducción de costos y la respuesta de eventos en tiempo real”.

Con las soluciones de edificios inteligentes, se pueden reducir significativamente los costos de instalación y funcionamiento, mejorando la flexibilidad de la utilización del espacio, aumentando la productividad y comodidad de los empleados, así como la reducción del impacto del medio ambiente. Holmberg (2006) menciona que “un edificio inteligente

es aquel que ayuda a responder ante planes de emergencia, haciéndolos más efectivos y seguros”.

Cabe mencionar que la automatización se puede dar a nivel residencial, comercial e industrial. Por ejemplo, si se trata de un nivel residencial, el tema sería de domótica.

Junestrand (2004) define: “Domótica, es la automatización y control local y remota del hogar (apagar/encender, abrir/cerrar y regular) de aplicaciones y dispositivos domésticos, con instalaciones, sistemas y funciones para iluminación, climatización, persianas y toldos, puertas y ventanas, cerraduras, riego, electrodomésticos, control de suministro de agua, gas, y electricidad, entre otros”.

Edwards (2006), dice que “los edificios inteligentes son edificios que responden a las condiciones sin la intervención humana”, igualmente señala que “los edificios inteligentes utilizan una serie de tecnologías para proveer, supervisar, automatizar, integrar ambiente, seguridad y comunicar servicios”

Ambas citas apuntan básicamente al uso de tecnologías que, sin modificar los hábitos de las personas, permitan un mayor confort y seguridad para los usuarios así como también un consumo responsable de recursos energéticos.

Otro término empleado actualmente es el de inmótica o BMS (por sus siglas en inglés Building Management Systems). Hace referencia a la coordinación y gestión de las instalaciones con las que se equipan las edificaciones y a su capacidad de comunicación, regulación y control. Básicamente es el mismo concepto que el de la domótica pero aplicado a grandes edificios, locales comerciales y sector terciario en general, universidades, etc., mientras que la domótica se centra en viviendas y está orientada al confort y a facilitar las tareas al usuario final.

## **1.2 Planteamiento del problema**

Las empresas de hoy en día con sus oficinas e instalaciones se enfrentan a la problemática de la falta de un control integrado de todas las funciones de sus edificios, tales como el control de acceso, detección de intrusos, alarmas de seguridad, video-vigilancia, alarma contra incendios, climatización y la automatización de las prestaciones que, en un edificio

convencional, son realizadas manualmente por personal de mantenimiento. Un Edificio Inteligente está diseñado y “dotado” con tales prestaciones de manera automática. Esta problemática se extiende al aspecto medioambiental, pues una empresa socialmente responsable busca minimizar el impacto al medio ambiente. La necesidad de una infraestructura de red de área local confiable que soporte la implementación de un sistema tecnológico multiagente.

Uno de los aspectos que se logra aparte del confort de los ocupantes es la reducción de los costos de operación de la empresa ya que al automatizar las prestaciones del edificio se controlan los consumos y se optimizan recursos. En cuanto al aspecto del consumo eléctrico también se logra reducir, tanto en los procesos de elaboración de sus productos como en las actividades administrativas de la empresa.

Tradicionalmente, las medidas que se toman al respecto, solamente se pueden considerar como recomendaciones en el uso de los equipos y servicios que consumen electricidad y/o programas o campañas de concientización hacia los empleados. Pero los resultados no alcanzan los niveles de ahorro esperados. Por lo tanto se hace necesario un análisis más detallado de las condiciones y el funcionamiento de las instalaciones de la empresa para determinar la mejor propuesta que las tecnologías de la Información y la Comunicación puedan ofrecer.

El problema se concreta con la siguiente pregunta de investigación: ¿Cuáles son los beneficios que una empresa lograría al implementar un sistema unificado de control y automatización de todas las prestaciones y servicios de su edificio?

### **1.3 Objetivos.**

En el planteamiento de este proyecto, se presenta primeramente el objetivo general y posteriormente los objetivos específicos

#### **1.3.1 Objetivo general**

Analizar los requerimientos de automatización e integración de los servicios para luego plantear y proponer, a una empresa a nivel local, una solución tecnológica multiagente capaz de controlar de manera automatizada e integral las prestaciones y los servicios del

edificio existente en todas las áreas para eficientar los recursos de la empresa en cuanto sus gastos de operación, proporcionando seguridad y confort para los ocupantes, así como la gestión energética de las instalaciones, todo con un enfoque medioambientalista.

### **1.3.2 Objetivos específicos**

1. Diagnosticar el estado actual de la infraestructura tecnológica, al igual que el grado de inteligencia del edificio, así como el consumo promedio anual de energía eléctrica, para determinar los requerimientos de la empresa.
2. Desarrollar una propuesta, a manera de experimento de simulación que resuelva el problema de investigación.
3. Hacer pruebas de laboratorio mediante un sitio dedicado con un sistema inteligente en tiempo real.

### **1.4 Justificación.**

La finalidad de un edificio inteligente es la de proporcionar un ambiente de seguridad, confort y gestión energética, para maximizar la productividad y la creatividad de los empleados en su lugar de trabajo. Además, este tipo de edificios debe proporcionar medios para un mantenimiento eficiente y oportuno, todo lo anterior, minimizando los costos y controlando el impacto al medioambiente.

Uno de los argumentos que toda empresa refiere es el beneficio económico que puede producir cualquier proyecto, así que la decisión final para invertir en un proyecto de estas características, lo más importante es analizar en cuánto tiempo se logra el retorno de la inversión (ROI por sus siglas en inglés Return On Investment) para los aspectos administrativos que se requieran en cuanto a la estrategia de la consecución del recurso, esto es, considerar la razón costo/beneficio que representa para la empresa en términos financieros. La herramienta que permite hacer los cálculos es el procedimiento de Evaluación de Proyectos de Inversión que se expresa en el apartado de Metodología.

Por otro lado, la regulación medioambiental se hace cada vez más estricta en todos los países haciendo casi una obligación la implementación de esta tecnología. Así mismo, el

mundo globalizado de hoy obliga a la competitividad en todas las áreas de los negocios para alcanzar un buen posicionamiento y lograr las metas establecidas de manera puntual.

Los beneficios van más allá del aspecto tangible monetario, pues una empresa que cuenta con un edificio inteligente agrega valor a su negocio, logra una ventaja competitiva, aumenta la rentabilidad al aumentar el valor de sus activos y por consecuencia obtiene un mayor prestigio ante sus clientes y la comunidad en general.

La premisa es que un edificio inteligente es más eficiente, lo cual implica lograr más con menos. Esto es, las transacciones y actividades cotidianas obtienen resultados más óptimos, en un menor tiempo y con menos recursos. Si traducimos esto al consumo eléctrico, podemos entonces esperar un ahorro en este concepto. Al automatizar, controlar y monitorizar el uso de equipos de oficina como computadoras, copiadoras, calefactores, cafeteras, microondas, etc., así como la iluminación en todas las áreas, los consumos son reducidos.

La ventaja es que se utiliza la misma infraestructura de red local de las oficinas para “montar” e integrar un sistema multiagente compuesto por los dispositivos y equipos de control que permiten la adquisición de datos de la actividad cotidiana y, mediante un software especializado, lograr un monitoreo integral de todos los puntos en tiempo real.

Aquí todos los agentes pueden activar acciones de otros agentes para una función específica como cuando el control de acceso detecta que ya salió el último empleado, envía la señal al sistema de iluminación para que se apaguen las luces de las zonas indicadas. Lo interesante es que el usuario capacitado podrá configurar los esquemas de monitoreo y de automatización que sean necesarios en cualquier momento.

Otra de las ventajas es que un ejecutivo podrá realizar consultas desde un navegador de internet en su computadora personal, en cualquier momento y sobre cualquiera de las áreas del edificio. Además se podrán generar reportes de eventos y reportes históricos de la actividad, así como de los consumos energéticos.

## **1.5 Alcances y Limitaciones**

El presente proyecto propone una solución tecnológica que permita la automatización de los sistemas y prestaciones del edificio existente de la empresa. Se define como un proyecto completo que cubre todos los aspectos tecnológicos comprendidos en el apartado de los objetivos. Su extensión abarca todas las áreas del edificio de la empresa.

Lo que delimita al proyecto es que sólo se investigan las empresas medianas/grandes en Mexicali y propone una alternativa factible para el aprovechamiento de todos los elementos aquí indicados como se plantean y depende del tamaño de la empresa en cuanto a la dimensión del proyecto.

La investigación incluye el análisis de requerimientos de TI de las empresas con las características deseadas. Lo que no se analiza es la viabilidad financiera del proyecto, aunque se proponen los procedimientos para la evaluación de proyectos de inversión.

Se plantea una solución a la medida de acuerdo a las condiciones actuales pero se anticipa una flexibilidad para dar la oportunidad de escalar conforme a las necesidades futuras de la empresa.

## Capítulo 2. Marco Teórico.

### 2.1 Las Organizaciones.

Las empresas hoy en día se encuentran ante una ola de cambio de paradigmas en todas las áreas, debido a los efectos de la globalización. Las organizaciones son empujadas a evolucionar a través de la innovación de sus procesos y de su manera de “hacer negocio”.

Una organización funciona como un sistema compuesto por cinco subsistemas, según el modelo sistémico de Kast y Rosenzweig (1990), que deben acoplarse para un mismo fin, que es la misión de la organización.

- a) Subsistema de Cultura y Objetivos.- El cual se refiere a los aspectos culturales de la organización, así como su filosofía interna. Expresa los objetivos generales de la empresa, los objetivos de grupo y los objetivos individuales.
- b) Subsistema Técnico.- Se refiere a los conocimientos necesarios para el desarrollo de tareas; incluye las técnicas, instalaciones y equipo (tecnología) usados para la transformación de insumos en productos y puede cambiar en relación a la especialización de conocimientos y habilidades requeridas.
- c) Subsistema Estructural.- Se refiere a la manera cómo se organizan y estructuran las tareas; y está relacionado con la autoridad y la comunicación. La estructura de la organización también se determina por su constitución, puestos jerárquicos y procedimientos. Funciona como puente entre el subsistema técnico y el subsistema psicosocial que están en interacción constante.
- d) Subsistema Psicosocial.- Está compuesto por individuos y grupos de interacción. Se forma por la conducta individual, motivación, relaciones, estatus, rol de cada individuo y dinámica de grupo. Incluye los recursos humanos, actitudes, liderazgo y comunicación, así como las relaciones interpersonales
- e) Subsistema Administrativo.- Relaciona la administración con su medio; determina los objetivos; desarrolla planes de integración, estrategia y operación mediante el diseño de la estructura y el establecimiento de los procesos de control. Según Robbins (2002), “una organización es un convenio sistemático entre personas para cumplir un propósito específico”.

## **2.2 Las TI y las Organizaciones.**

De acuerdo a IT Governance Institute (2001), muchas organizaciones reconocen los beneficios que la tecnología puede aportar. Las corporaciones exitosas entienden y manejan los riesgos relacionados con la implementación de nuevas tecnologías. Sin embargo, con demasiada frecuencia encontramos empresas sin un entendimiento estratégico acerca de la importancia de las TI para la organización. Por lo tanto, los objetivos principales en relación con el manejo de las TI son comprender su importancia estratégica para la toma de decisiones. La dirección y la administración ejecutiva, por lo general, esperan que las TI de su organización generen valor para el negocio, o sea, que les brinde un desarrollo rápido, seguro y de alta calidad; que proporcione un mayor rendimiento sobre la inversión y ayude a la eficiencia y la productividad.

El uso apropiado de las TI ya es el principal conductor de riqueza económica en el siglo XXI. La tendencia es que en el futuro será fundamental para el éxito de una empresa por traer una ventaja competitiva y ofrecer una forma de aumentar la productividad.

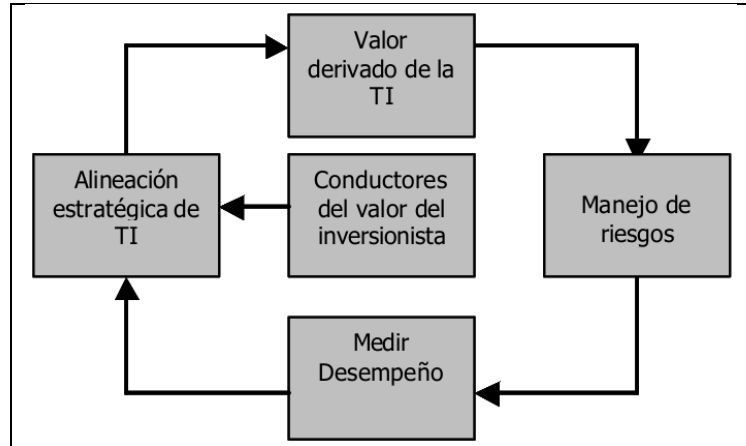
Ya que la TI es tan importante para sostener y permitir que se alcancen las metas de la organización, su manejo eficaz genera verdaderos beneficios empresariales, tales como: reputación, confianza, liderazgo en productos, reducción de costos y tiempos para llevar un producto o servicio al mercado.

Ahora que la TI es un elemento empresarial tan intrínseco y difundido, es necesario poner atención especial en ella, considerando cuánto se apoya la empresa en ésta para la toma de decisiones y cuán importante resulta para la ejecución de la estrategia organizacional

Básicamente, al manejo de la TI le conciernen dos cosas: que produzca valor comercial y que se mitiguen los riesgos. La primera se lleva a cabo por la alineación estratégica de la TI con el negocio. La segunda se realiza al establecer responsabilidades dentro de la empresa. Ambas necesitan medición mediante la metodología de tarjeta balanceada (balanced scorecard). Esto nos lleva a las cuatro áreas principales de enfoque para el manejo de la TI, todas conducidas por el valor del inversionista. Dos de ellas son resultados: producción de valor y mitigación de riesgos. Las otras dos son conductoras:

alineación estratégica y medición del desempeño. La figura 2.1 muestra la interacción de estas cuatro áreas y el valor del inversionista.

Figura 2.1: Ciclo de interacción de las áreas de IT Governance



Fuente: IT Governance Institute

El alineamiento de las estrategias tecnológica y empresarial es una cuestión cuya importancia parece aumentar actualmente. Han transcurrido décadas y se han invertido enormes sumas de dinero y, sin embargo, el alineamiento, es decir, aplicar la tecnología de la información de manera apropiada y oportuna, en armonía con la estrategia, los objetivos y los requerimientos comerciales continúa siendo la preocupación clave de los ejecutivos en las empresas. Las empresas y organizaciones siguen encontrando frustrante y difícil, si no imposible, dirigir y controlar el poder de la tecnología de la información para su propio beneficio a largo plazo, aunque es evidente a nivel mundial que la tecnología de la información tiene el poder suficiente para transformar totalmente sectores y mercados.

No sólo el alineamiento de TI con las estrategias empresariales es lo importante. También se debe reconocer que las TIC conllevan otros aspectos a considerar, como lo menciona Vilar (2008); “Costos, riesgos y oportunidades hacen de las TIC un elemento estratégico para el crecimiento, maduración y transformación de las organizaciones, pero, además, las convierte en factor crítico de éxito y de supervivencia de la empresa”.

Aquellas organizaciones que no le den a las TIC al menos el mismo grado de importancia que tradicionalmente se ha prestado a otras funciones como la productiva o la financiera, perderán su ventaja competitiva y serán, finalmente, expulsadas del mercado. Por el contrario, las organizaciones que concentren sus esfuerzos en el Gobierno de TI, verán

cómo sus inversiones en TIC retornan valor a la compañía, potencian el negocio e identifican y mantienen controlados los riesgos inherentes a la utilización de las mismas.

Toda organización debe considerar un plan TIC que considere actuaciones en cada uno de los siguientes aspectos:

*Dirigir:* Alineamiento con los objetivos del negocio para poder construir los mecanismos necesarios para entregar valor.

*Crear:* Retorno de valor de la inversión realizada en TIC. *Proteger:* Gestión de riesgos para preservar el valor de los activos.

*Actuar:* Gestión de recursos y desarrollo del plan TIC

*Monitorizar:* Evaluación de la ejecución y desempeño del plan establecido para realinear el gobierno de TI con el del negocio si es necesario.

Según The Brookings Institute, sólo el 15% del valor de mercado de una empresa reside en sus activos tangibles, mientras que el 85% restante reside en sus activos intangibles, la mayor parte de ellos en forma de Información.

El papel de las TIC es crucial para identificar, explotar, potenciar y desarrollar tanto conocimiento como razonamiento.

Como se ha visto, las TIC presentan una doble cara: Por un lado exigen grandes inversiones y las acompañan riesgos que, potencialmente, pueden aniquilar el negocio; mientras que, al mismo tiempo, ofrecen excepcionales oportunidades de crecimiento y de evolución del negocio.

La gerencia y los altos ejecutivos, han de ser conscientes del impacto de las TIC en la organización, ser capaces de conocer su rendimiento (retorno de valor) y estar preparados para comprender y gestionar los riesgos inherentes a su utilización. Aquellas organizaciones cuyos directivos no comprendan ni se preparen para los nuevos tiempos estarán poniendo en peligro su capacidad de adaptación y, por consiguiente, estarán corriendo un riesgo de extinción muy elevado.

Salazar (2011), reflexiona sobre el uso adecuado de TI en las organizaciones:

Las TIC son esenciales para mejorar la productividad, la calidad, el control y facilitar la comunicación de la empresa, entre otros beneficios, aunque su aplicación debe llevarse a cabo de forma inteligente. El mero hecho de introducir tecnología en los procesos empresariales no es garantía de gozar de sus ventajas. Para que la implantación de nuevas tecnologías produzcan efectos positivos hay que cumplir varios requisitos: tener un conocimiento profundo de los procesos de la empresa, planificar detalladamente las necesidades de tecnología de la información e incorporar los sistemas tecnológicos de manera gradual, empezando por los más básicos o necesarios.

Antes de incorporar un componente tecnológico, hay que conocer bien la organización. Se ha investigado por qué fracasan algunos proyectos de implantación TI y se ha descubierto que el 90% de las veces el fracaso no es debido a los sistemas, sino al hecho de que el personal no tiene suficientes conocimientos sobre su propia empresa o sus procesos empresariales.

Otro aspecto importante a considerar es que las empresas que tienen una gran capacidad de beneficiarse de la tecnología son organizaciones que, antes de incorporar un componente tecnológico, describen detalladamente cuál será la repercusión para su empresa. Es decir, hacen una planeación adecuada de los proyectos de TI.

Así pues, el objetivo debe ser que toda decisión relativa a la tecnología ayude a mejorar la productividad de la empresa, la organización o del individuo.

### **2.3 Gestión de Requerimientos.**

Un aspecto muy importante en la gestión de proyectos de cualquier tipo y dimensión es el de los requerimientos del mismo. Sería imposible terminar la construcción de un edificio sin antes haber determinado qué era lo que se necesitaba en este edificio, o cuales deberían ser sus características.

Por tal motivo, para tener una mejor perspectiva de las necesidades de automatización de las empresas en Mexicali, resulta fundamental realizar un análisis de sus requerimientos, mediante la metodología de la gestión de requerimientos que se expresa a continuación.

Según la definición del PMBOK® (Project Manager Body Of Knowledge), un requerimiento es la condición o capacidad que debe tener un sistema, producto, servicio o componente para satisfacer un contrato, estándar, especificación, u otro documento formalmente establecido.

Los requerimientos son todas aquellas características observables que cualquier interesado desea que estén contenidas en el producto o sistema. Como requisitos se incluyen las necesidades, deseos y expectativas del patrocinador, cliente, usuarios, y otros interesados.

De acuerdo a Gottesdiener (2008), los requerimientos se clasifican en tres tipos o niveles (ver figura 2.2);

Nivel 1.- Requerimientos de la empresa. Se refiere a los motivos por los cuales se solicita el proyecto. Estos van de acuerdo a los objetivos, misión y visión de la empresa.

Nivel 2.- Requerimientos del usuario. Es lo que podrá hacer el usuario con el producto o sistema. Describe las tareas que el usuario necesita realizar con el producto o sistema. Se puede entender como los requisitos del sistema desde el punto de vista del usuario.

Nivel 3.- Requerimientos del sistema. Es una descripción detallada de todos los requisitos funcionales y no funcionales que el producto o sistema debe cumplir para satisfacer las necesidades de la empresa y del usuario.

Figura 2.2: Pirámide de los 3 Niveles de Requerimientos



Fuente: Elaboración propia

Según Ibañez (2010), una manera de establecer lo que es un requerimiento, sería de acuerdo a sus características.

Único.- Cada requisito debe tener una sola interpretación

Verificable.- El resultado de la prueba debe ser, ya sea, Correcto o Incorrecto. Se debe poder comprobar su implementación.

Viable.- (realístico y posible). Debe ser alcanzable dentro de los lineamientos de tiempo y recursos establecidos.

Claro.- No se deben utilizar conceptos ambiguos ni terminología confusa. Se deben establecer de manera sencilla y clara.

Necesario.- Cuando un requerimiento es eliminado, no debe afectar al proceso. Si el requerimiento no es de importancia para ninguno de los interesados, entonces no es necesario.

Además de estas características, es importante destacar una de las propiedades relevantes de los requerimientos, es decir, su trazabilidad;

La trazabilidad de los requerimientos es lo que nos ayuda a darle seguimiento al ciclo de vida de cada uno de ellos, documentando su progreso desde su formulación inicial hasta un momento dado. Cada variación o cambio debe documentarse para poder seguirle la pista, manteniendo actualizado el historial del mismo.

Ya que los requerimientos surgen de diversos actores o interesados (stakeholders); cliente, manager, usuario final, etc., y que cada uno de ellos tiene diferentes concepciones de los mismos, la trazabilidad ayuda a revisar el historial de una característica implementada hasta las personas o grupos que la definieron desde el proceso de generación de los requerimientos.

Esto nos permitirá un rápido análisis de cada fase del proyecto para:

- Retomar la visión original y tratar los cambios en el alcance de manera controlada.
- Determinar qué elementos serían afectados al agregar un nuevo requerimiento o modificar uno existente.
- Verificar si el requerimiento abarca todo lo que solicitó el interesado.
- Asegurarse de no implementar funcionalidades que no demandó el cliente.

## Análisis, Validación y Verificación de los Requerimientos.

La Universidad del Valle de Guatemala (2011), en su artículo de investigación (Desarrollo y Administración de Requerimientos, s.f.), explica que todos los requerimientos tienen que pasar por un proceso de análisis para poder determinar las necesidades, expectativas, condiciones y conceptos operativos de las partes interesadas del proyecto. Esto, con el fin de filtrar y refinar los requerimientos y sólo desarrollar los más importantes.

Para ello se pueden crear escenarios, considerar la influencia de los requerimientos con el costo del proyecto, revisar los calendarios, la funcionalidad y los riesgos en desempeño que puede llegar a representar la implementación de las necesidades de las partes interesadas.

Para poder validar los requerimientos o determinar si realmente son útiles o no, se crean prototipos, simulación de funcionalidades o demostraciones en pruebas de escritorio.

El propósito de la validación es demostrar que un producto o componente de producto se ajusta a su funcionalidad prevista al situarlo en su entorno previsto. Las actividades de validación pueden aplicarse a todos los aspectos del producto en cualquiera de sus entornos previstos, tales como los servicios de operación, de formación, de fabricación, de mantenimiento y de soporte.

La verificación, por su parte, es inherentemente un proceso incremental, debido a que ocurre durante todo el desarrollo del proyecto, comenzando con la verificación de los requerimientos, progresando a través de la verificación de los productos de trabajo según van evolucionando y culminando en la verificación del producto finalizado.

El propósito de la Verificación es asegurar que los productos de trabajo seleccionados cumplen sus requerimientos especificados.

El proceso de Verificación implica: preparación de la verificación, realización de la verificación e identificación de acciones correctivas. La verificación incluye la verificación del producto y de los productos de trabajo intermedios frente a todos los requerimientos seleccionados, incluyendo requerimientos del cliente, del producto y del componente de producto.

La validación demuestra que el producto, tal como se propone, satisfará su uso previsto; mientras que la verificación comprueba si el producto de trabajo refleja apropiadamente los requerimientos especificados. En otras palabras, la verificación asegura que “se construye correctamente”; mientras que, la validación asegura que “se construye la cosa correcta”. Tanto las actividades de validación como las de verificación, se ejecutan frecuentemente de forma concurrente, y pueden usar partes del mismo entorno. Los métodos de validación tratan el desarrollo, mantenimiento, soporte y formación para el producto o el componente de producto según sea apropiado.

#### **2.4 Los Edificios Inteligentes.**

El Instituto Mexicano del Edificio Inteligente (IMEI), determina ciertas características que debe reunir un edificio inteligente:

- Flexibilidad y adaptabilidad relacionadas con un costo, ante los continuos cambios tecnológicos requeridos por sus ocupantes.
- Altamente eficiente en el consumo de energía eléctrica.
- Capacidad para proveer un entorno ecológico habitable y altamente seguro, que maximice la eficiencia en el trabajo a niveles óptimos de confort de sus ocupantes.
- Control centralizado de automatización para optimizar su operación y administración en forma electrónica.

Mientras que el IBI (por sus siglas en Inglés Intelligent Building Institute), concentra las necesidades de los propietarios, ocupantes y operadores del edificio en cuatro elementos, para denominarlo como edificio inteligente:

Estructura del edificio.- Se refiere a la estructura y diseño arquitectónico, incluyendo los acabados y mobiliario. Entre sus componentes están la altura de losa a losa, la utilización de pisos falsos y plafones registrables, cancelería, ductos y registros para las instalaciones, tratamientos de fachadas, utilización de materiales a prueba de fuego, acabados, ductos para cableado y electricidad.

Los sistemas del edificio.- Se consideran todas las instalaciones que integran un edificio, tales como: aire acondicionado, calefacción y ventilación (HVAC), energía eléctrica e

iluminación, controladores y cableado, elevadores y escaleras mecánicas, seguridad y control de acceso, seguridad contra incendios y humo, telecomunicaciones, circuito cerrado de televisión, instalaciones hidráulicas y sanitarias.

Los servicios del edificio. Se incluyen los servicios o prestaciones que ofrecerá el edificio, entre los que podemos destacar: comunicaciones de voz/datos/video, automatización de oficinas, salas de juntas y cómputo compartidas, área de fotocopiado, correo electrónico y de voz, seguridad por medio del personal, limpieza, estacionamiento, escritorio de información en el lobby o directorio del edificio, facilidad en el cambio de teléfonos y equipos de cómputo, centro de conferencias y auditorio compartidos y videoconferencias.

La administración del edificio.- Comprende la operación del mismo de manera eficaz y eficiente en su mantenimiento, administración de inventarios, reportes de energía, análisis de tendencias, administración y mantenimiento de servicios y sistemas. La optimización de cada uno de estos elementos y la interrelación o coordinación entre sí.

En base a estos cuatro aspectos se determinará la inteligencia del edificio.

Los edificios inteligentes se pueden medir por grados de inteligencia de acuerdo a los niveles de automatización y de integración de sus sistemas y prestaciones.

**Grado 1.** Inteligencia mínima o básica. Un sistema básico de automatización del edificio, el cual no está integrado. Existe una automatización de la actividad y los servicios de telecomunicaciones, aunque no están integrados.

**Grado 2.** Inteligencia media. Tiene un sistema de automatización del edificio totalmente integrado. Sistemas de automatización de la actividad, sin una completa integración de las telecomunicaciones.

**Grado 3.** Inteligencia máxima o total. Los sistemas de automatización del edificio, la actividad y las telecomunicaciones, se encuentran totalmente integrados. El sistema de automatización del edificio se divide en: Sistema de Confort, Sistema de seguridad y Sistema de Gestión de Energía.

- El Sistema de Confort permite mantener un clima agradable en todas las zonas, ofrece una iluminación adecuada y uniforme empleando la luz natural junto con la luz de las lámparas, controla los porcentajes de humedad hacia el interior y considera los espacios ergonómicos.
- El Sistema de Seguridad protege a las personas, los bienes materiales y la información. En la seguridad de las personas, destacan los sistemas de detección de humo y fuego, fugas de gas, suministro de agua, monitoreo de equipo para la extinción de fuego, red de rociadores, extracción automática de humo, señalización de salidas de emergencia y el voceo de emergencia. Para la seguridad de bienes materiales o de información, tenemos el circuito cerrado de televisión, el detector de intrusos, la vigilancia perimetral, el control de accesos, el control de rondas de vigilancia, la intercomunicación de emergencia, la seguridad informática, el detector de movimientos sísmicos y el de presencia.
- El Sistema de Gestión de Energía es el encargado de optimizar el uso de los equipos eléctricos, compara cambios, acciones y modificaciones con el objeto de obtener un conjunto armónico y eficiente de soluciones como el uso activo y pasivo de la energía solar, el monitoreo del consumo, el control automático y centralizado de la iluminación, el control de horarios para el funcionamiento de equipos, el control de ascensores, el control de HVAC y el programa emergente en puntos críticos de demanda para lograr un gasto energético menor con una mejora de los servicios prestados, una mayor duración de los equipos y la máxima atención al impacto ambiental que se produce para lograr el ahorro

Estos sistemas son administrados por el sistema de control centralizado que permite monitorear el estado de las instalaciones, así como la integración de todos los sistemas de manera holística.

Los Edificios conectados a la red eléctrica inteligente (Smart Grid) pueden beneficiarse de la automatización granular, mediante la cual los controles están distribuidos entre los distintos sensores y actuadores. Las estrategias de control mejoradas permitirán cambios automáticos en el edificio para maximizar la eficiencia energética, al tiempo que maximiza la comodidad del personal y la productividad. Esto podría ser tan simple como un cambio en un termostato o regular la intensidad de la iluminación o tan complejo como un cambio

de programación en base a las fluctuaciones en los costos de energía. La posibilidad de “reacción” de los edificios a los cambios de tarifa de la energía es una aplicación clave, en la que convergen los edificios inteligentes y la red inteligente. En México este proyecto se encuentra en desarrollo y en etapas de pruebas piloto.

En base a la evolución de los adelantos de la electrónica y las tecnologías emergentes, Pinedo (2004) clasifica los edificios inteligentes en cuatro generaciones, que son:

I. Primera generación: A fines de los años ´70, los primeros sistemas de edificios electrónicamente controlados fueron los de HVAC, que gracias a los chips de las computadoras, se podía obtener un mejor control mediante sensores que permitían respuestas rápidas y más precisas a las alteraciones de las condiciones climáticas.

Esta tecnología no contaba con integración con los demás sistemas del edificio. Esta “Inteligencia” sólo se basaba en automatizar el clima interior.

El término “edificio inteligente” causó algunas reacciones en los propietarios de edificios, inversionistas y patrocinadores al notar que estos edificios no se ajustaban a los verdaderos requerimientos de inteligencia.

II. Segunda generación: Como respuesta a la experiencia de la primera generación, a mediados de los ´80 se desarrollaron y adoptaron nuevas tecnologías de sistemas e infraestructuras, Estos son los que posibilitan la integración y separación de sistemas con el auxilio de avanzadas tecnologías computacionales y de telecomunicaciones.

Esta nueva generación de edificios se concentró en la gestión energética con la utilización de celdas solares y turbinas eólicas que permitían un potencial auto suficiente. También se buscó la flexibilidad e integración de los demás sistemas. Entre los pioneros podemos citar a la empresa Honeywell que desarrolló un sistema de control que integra los diferentes servicios del edificio y los diferentes niveles de administración. Por ejemplo, si se detecta una alarma de incendio, permite visualizar si existe realmente un incendio o es una falsa alarma. En este caso, existe integración entre los sistemas de detección de incendios, alarmas y el de CCTV.

III. Tercera generación: Los edificios de tercera generación se gestaron hacia los años '90. En la evolución de los edificios inteligentes se registraron en los países desarrollados, grandes éxitos y también notorios efectos negativos que empezaron a ser superados. En líneas generales los problemas eran los siguientes:

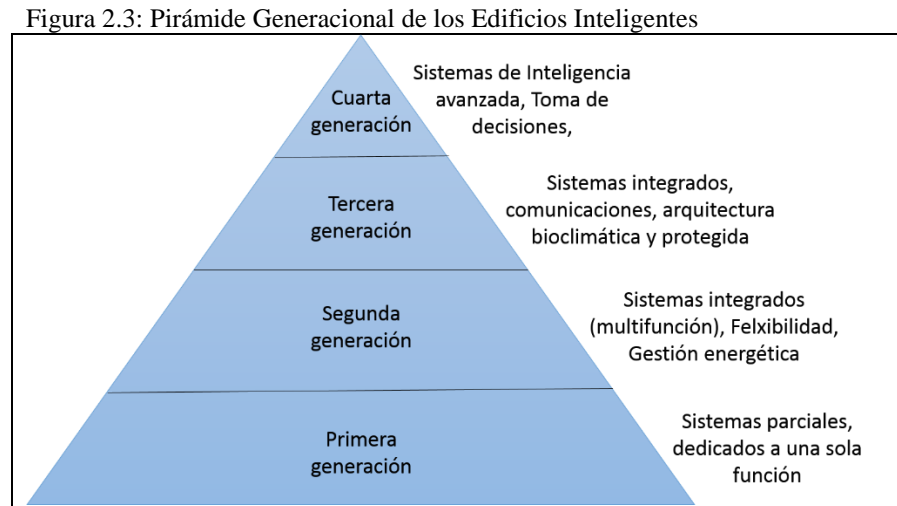
- Consecuencias negativas de la optimización unilateral de los subsistemas. Por ejemplo, minimizar la ventilación, para ahorrar energía, registrándose en consecuencia focos de infección en los conductos de aire y patologías consiguientes en los usuarios.
- Expectativa excesiva a soluciones tecnológicas tipo high-tech que resultaron en fallas operativas, de durabilidad y escasa flexibilidad ante situaciones de colapso de los sistemas.

Así que las diferentes líneas de trabajo tienden a converger en lo que se denomina *inteligencia distribuida centralizada*, utilizando sistemas autónomos inteligentes que se comunican con una red de comunicaciones (la inteligencia está en la red). Se puede establecer un puesto de control desde diversos puntos de la red e interactuar con los distintos sistemas interconectados. De esta manera, la falla de un equipo no sólo no deja sin sistema al equipo, sino que una falla generalizada de la red permitiría funcionar a los equipos autónomos en una prestación mínima debido a la inteligencia distribuida entre estos sistemas.

Por ejemplo, un sistema de control de accesos dejará de registrar en el sistema el ingreso del personal, pero seguirá abriendo las puertas a las personas que introduzcan su tarjeta magnética en cada puesto, consultando una base de datos local en cada puesto para verificar los derechos correspondientes de acceso.

IV. Cuarta generación: Incorpora el concepto de *inteligencia avanzada*, el cual incluye la toma de decisiones en forma inteligente e integral basada en el conocimiento actual e histórico, contemplando además los conceptos de arquitectura protegida y diseño energéticamente consciente adecuados a nuestra realidad global.

La figura 2.3 muestra una pirámide con la evolución de las generaciones de E. I.



Fuente: Elaboración propia

## 2.5 Dispositivos multiagentes.

Los elementos o dispositivos de un sistema multiagente se pueden clasificar en los tres siguientes:

1. Controlador: En instalaciones centralizadas, es la central que gestiona el sistema. En él reside toda la inteligencia del sistema y suele tener las interfaces de usuario necesarios para presentar la información a este (pantalla, teclado, monitor, etc.). En los sistemas descentralizados cada elemento contiene las funciones de control.
2. Actuador: es el dispositivo de salida capaz de recibir una orden del controlador y realizar una acción (encendido/apagado, subida/bajada de persiana, apertura/cierre de electroválvula, ingreso a elevador, etc.).
3. Sensor: es el dispositivo que está, de forma permanente, monitorizando el entorno con objeto de generar un evento que será procesado por el controlador, que a su vez enviará la señal al actuador para que ejecute la acción correspondiente. Existen sensores de movimiento, presencia, temperatura, luz, viento, humedad, humo, escape de agua o gas, etc.

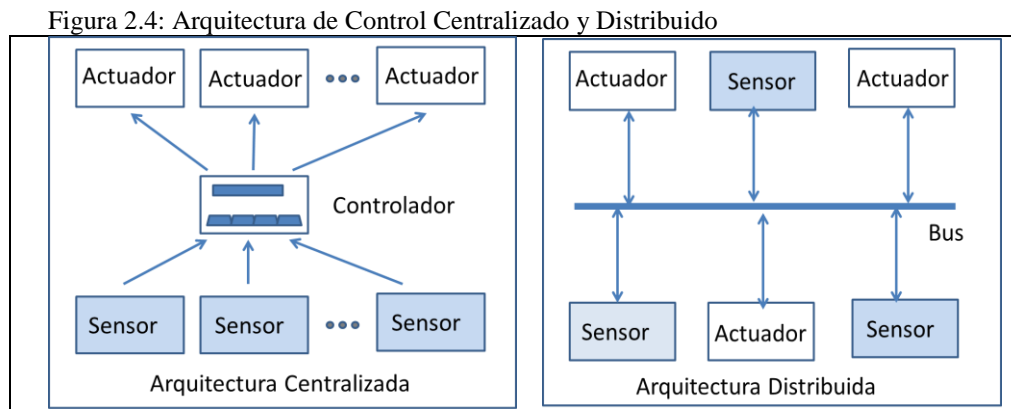
Por ejemplo, un sensor de presencia aislado puede servir para abrir la puerta cuando alguien se acerque, pero si está integrado en una red proporciona información sobre frecuencia de uso, horas pico de entrada, etc. de forma que el sistema puede deducir que es

mejor no abrir la puerta fuera del horario comercial o que hay que mantenerla permanentemente abierta en horas pico, volviendo a su funcionamiento habitual el resto del tiempo

Los sistemas inteligentes pueden presentarse en diferentes arquitecturas según el esquema de donde reside la inteligencia.

Arquitectura Centralizada: Como vemos en la figura 1 un controlador centralizado recibe la información de múltiples sensores y, una vez procesada, genera las órdenes oportunas para los actuadores.

Arquitectura Distribuida: En este caso, no existe la figura del controlador centralizado, sino que toda la inteligencia del sistema está distribuida por todos los módulos, sean sensores o actuadores. Suele ser típico de los sistemas de cableado en topología bus. Ver figura 2.4.



Fuente: Elaboración propia

Este proyecto propone la Tecnología de Control Centralizado.

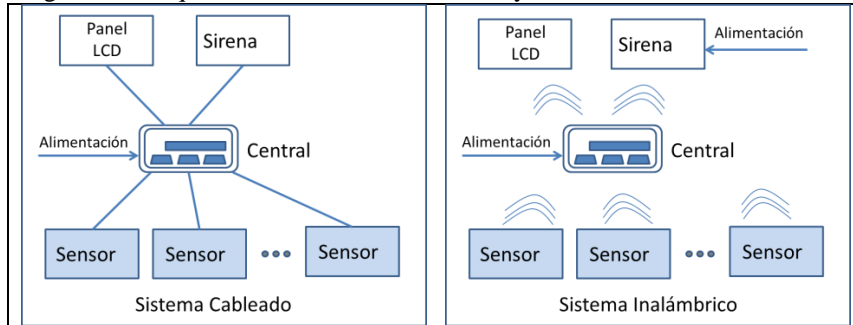
En cuanto a la tecnología de conexión, las centrales se pueden clasificar también en tres:

Centrales cableadas: todos los sensores y actuadores (sirenas, etc), están cableados a la central, la cual es el controlador principal de todo el sistema. Esta tiene normalmente una batería de respaldo, para en caso de fallo del suministro eléctrico, poder alimentar a todos sus sensores y actuadores y así seguir funcionando normalmente durante unas horas.

Centrales inalámbricas: en este caso usan sensores inalámbricos alimentados por pilas o baterías y transmiten vía radio la información de los eventos a la central, la cual está alimentada por red eléctrica y tiene sus baterías de respaldo.

Centrales mixtas: Como podemos ver en la figura 2.5, este tipo de centrales utilizan una combinación de conexiones cableadas e inalámbricas.

Figura 2.5: Esquema de un Sistema Cableado y uno Inalámbrico



Fuente: Elaboración propia

En esta propuesta se aplica la arquitectura centralizada y un esquema de central mixta a través de software.

## 2.6 Protocolos.

Primeramente es importante considerar los estudios de investigación tecnológica que ya se han realizado y que sientan un precedente para esta propuesta, pues el tema de edificios inteligentes y su eficaz implementación son factibles debido a tales aportaciones tecnológicas. Esto es, el desarrollo de los nuevos esquemas de comunicación (protocolos) que dan origen a que diferentes agentes o elementos de automatización puedan “entenderse” entre sí, a pesar de proceder de distintos fabricantes.

En Mayo de 1994, Echelon y otras compañías fundaron LonMark Interoperability Association, cuya misión es trabajar para la fácil integración de sistemas basados en la tecnología LonWorks de distintos fabricantes. Actualmente existen cerca de 3,500 compañías que usan las redes de control LonWorks, la asociación les proporciona un foro abierto para que puedan trabajar conjuntamente y promover la compatibilidad de los recursos.

Los productos que se ajustan a las pautas de compatibilidad, establecidas por la asociación, llevan el logotipo LonMark. Este signo es un indicador de que el producto ha superado las pruebas de conformidad y ha sido diseñado para operar conjuntamente a través de una red LonWorks.

El protocolo BACnet Presenta una arquitectura flexible y puede ser fácilmente aumentado y mejorado. Además, puede ser implementado en aparatos de diverso tamaño y es un protocolo que no depende de la tecnología subyacente. Este conjunto de propiedades le proporcionan gran versatilidad.

La información en un sistema BACnet es representada mediante unas estructuras de datos denominadas objetos. Los objetos no son más que una colección de información relativa a una función determinada, a una entrada o a una salida física. Cada objeto es caracterizado por un conjunto de propiedades que describen su modo de operación.

BACnet y LonWorks son dos importantes normas de protocolo para edificios con fortalezas complementarias que, cuando se usan juntas, ofrecen un sistema interoperable de principio a fin. Para lograr un sistema interoperable con protocolos abiertos es necesario cumplir con los siguientes requisitos básicos.

1. Productos certificados como interoperables que cumplen con lo establecido por una autoridad reconocida,
2. Disponibilidad de productos de múltiples proveedores,
3. Una herramienta de instalación unificada capaz de poner en marcha los productos certificados,
4. Un software unificado que integre a todos los productos desde el principio hasta el final, y
5. Personas y empresas certificadas capaces de suministrar estos sistemas.

Al adoptar protocolos abiertos al más alto nivel del sistema, será posible empezar con un sistema basado en LonWorks o BACnet, sabiendo que en última instancia se puede diseñar en un verdadero sistema abierto, interoperable, integrado con productos certificados LonMark.

En 1979 Schneider Automation desarrolló el protocolo Modbus. Define una estructura de mensajes que puede ser reconocida por los diferentes dispositivos independientemente del tipo de red de comunicaciones utilizada. Funciona en la capa de aplicación que proporciona comunicaciones cliente-servidor entre recursos. Es muy empleado en el sector industrial y permite una comunicación simple entre dispositivos como los drivers, sensores o actuadores remotos.

La implementación del protocolo Modbus en redes estándar o redes industriales se logra con la utilización o la integración de:

1. TCP/IP sobre Ethernet.
2. Transmisión serie asíncrona sobre una variedad de medios (cable, fibra, radio, etc.).
3. Modbus plus: red de alta velocidad de paso de testigo (Token Ring).

## **2.7 Normas, Certificaciones y Regulaciones.**

Los organismos internacionales que regulan las normas de los edificios inteligentes constituyen una base para el desarrollo de nuevas edificaciones así como la implementación de sistemas inteligentes y de automatización de las prestaciones de edificios existentes.

### **2.7.1 Normas ISO.**

La Norma ISO 15392:2012 que incluye las normas ISO/TC59 e ISO/TC205. La primera Identifica y establece los criterios y principios para la sustentabilidad en la construcción de edificios y se aplica al ciclo de vida de las edificaciones.

La Norma ISO/TC205 Trata sobre el Diseño Ambiental de los edificios, así como la conservación y la eficiencia de la energía. La nueva versión de esta norma ISO/TC184 Establece las normas para los sistemas de automatización de edificios.

Maconi (2013), publica la liberación en Suiza, de la nueva norma para la eficiencia en la gestión de la energía; la ISO 50001:2011.

Como las demás normas ISO, el Sistema de Gestión de la Energía - ISO 50001 se basa en el círculo de Deming: planear, hacer, verificar, actuar (PDCA por sus siglas en inglés). El

objetivo de la ISO 50001:2011 es hacer que las empresas establezcan un punto inicial de consumo y que este mejore con medidas de control. Se trata de establecer niveles preestablecidos de consumo energético (diferentes en cada empresa). La implicación es que cualquiera empresa u organización puede implementar ese sistema de gestión a pesar de su tamaño, actividad o posición geográfica.

A tan sólo dos años de publicación por el comité ISO en Suiza poco se conoce de ese sistema en México y en el mundo. Sin embargo se estima que los efectos de la ISO 50001:2011 podrán impactar hasta en un 60% del consumo energético mundial. Por lo visto anteriormente, la norma ISO 50001:2011 representa la manera más completa para implementar medidas de control que ayuden al ahorro energético en una empresa, volviéndola realmente eficiente y competitiva.

ISO también desarrolló un conjunto de requisitos que, aunque aún no son certificables, ya están comprobados, esto es, la norma ISO 31000:2009, publicada en noviembre de 2009, junto con la guía ISO 73:2009, para las medidas de seguridad y gestión de riesgos, que complementa la norma. Aplicando estas normas, las organizaciones, independientemente de su tamaño, giro o complejidad, pueden evitar importantes accidentes, re procesos y hasta el caos general.

El aspecto de seguridad y riesgos, se tratará con más detalle en la sección de Gestión de Riesgos y Continuidad del Servicio, más adelante.

### **2.7.2 Certificaciones LEED.**

La certificación LEED (por sus siglas en inglés, Leadership in Energy and Environmental Design) o Liderazgo en Diseño Ambiental y Energético, es un método de evaluación de edificios verdes, a través de pautas de diseño objetivas y parámetros cuantificables. Es un sistema voluntario y consensado, diseñado en Estados Unidos, que mide entre otras cosas el uso eficiente de la energía, el agua, la correcta utilización de materiales, el manejo de desechos en la construcción y la calidad del ambiente interior en los espacios habitables. La certificación evalúa el comportamiento medioambiental que tendrá un edificio a lo largo de su ciclo de vida, sometido a los estándares ambientales más exigentes a nivel mundial.

La revista IDIEM (2010) explica los beneficios de la certificación LEED:

Una edificación diseñada a partir de las pautas de evaluación LEED puede llegar a ahorrar entre un 30% y un 50% de energía con respecto a los edificios tradicionales, traduciéndose en una disminución de los costos operacionales del edificio. Un edificio verde aumenta la productividad de los ocupantes, ya que ha sido diseñado pensando en la calidad de los espacios habitables, cantidad de iluminación natural requerida, niveles acústicos adecuados, control térmico, ventilación suficiente, etc. Todos estos aspectos primordiales para mejorar la calidad de vida y salud de los usuarios. Por otra parte una edificación certificada reduce los efectos negativos que la construcción pudiese tener en el medio ambiente, reduce las emisiones de gas invernadero al medio ambiente, evitando el daño a la capa de ozono y el cambio climático, reduce los desechos enviados a los vertederos, conservando los entornos naturales, protegiendo los ecosistemas y la biodiversidad.

Un edificio con certificación LEED se promociona con una importante herramienta de marketing, se proyecta como una construcción de calidad superior en relación al promedio. El sello le otorga un valor agregado reconocido mundialmente, que demuestra un especial compromiso y responsabilidad con el medio ambiente y nuestra sociedad.

El primer proyecto piloto del programa LEED, denominado LEED Versión 1.0, fue lanzado por el USGBC (US Green Building Council) en agosto de 1998. Luego de diversas modificaciones se realiza LEED versión 2.0, llamado “LEED Green Building Rating System” para nuevas construcciones y renovaciones mayores, o LEED NC. En Abril de 2009 se lanzó la última versión, que incorpora dentro de otras cosas, mejoras técnicas a los estándares de evaluación haciéndolos más exigentes. Esta última actualización se denomina LEED V3.

La categoría Energía y Atmósfera debe cumplir con los requerimientos mínimos del Standard ASHRAE 90.1-2007 para un uso eficiente de la energía que se utiliza en los proyectos, para esto se debe demostrar un porcentaje de ahorro energético (que va desde el 12% al 48% o más) en comparación a un caso base que cumple con el estándar. Además se debe asegurar en esta categoría un adecuado comportamiento de los sistemas del edificio a largo plazo.

El IMEI (Instituto Mexicano del Edificio Inteligente), Al igual que otras asociaciones busca ser un foro de intercambio de ideas, que comparte conocimiento; es una comunidad que comparte la visión de ingenieros, arquitectos, diseñadores, industriales, científicos, usuarios y administradores.

En México se ha lanzado el Programa de Certificación de Edificios Sustentables (PCES), cuyo control y operación está centrado en el Comité Promotor de Edificios Sustentables (COPEs), en el cual participan CEMARNAT, CONAVI, la Coordinación de uso eficiente de energía, la UNAM, el IPN, el Colegio de Ingenieros Ambientales (CINAM) y la Asociación de Empresas para el Ahorro de la Energía en la Edificación (AEAE), entre otros.

## 2.8 Gestión de Riesgos y Continuidad del Servicio.

Debido a que el uso de las TIC se ha generalizado en todos los ámbitos de la actividad humana y empresarial, siendo un factor transversal en las operaciones de toda organización, se ha llegado a un grado tal de dependencia de las TIC que resulta imperante establecer planes de contingencia en casos de desastre e interrupción de los servicios, para lograr una recuperación adecuada, en un tiempo estimado y a un costo razonable.

Existen metodologías probadas y recomendadas para cada tipo y tamaño de organización, tales como COBIT, ITIL e ISO/IEC 27002, entre otras, las cuales permiten adoptar las mejores prácticas en la implementación de estas estrategias.

**2.8.1 Certificación ITIL** (Information Tehnology Infraestructure Library). Es una guía o marco de trabajo muy utilizada en el establecimiento de planes de contingencia y de recuperación. La figura 2.6 muestra la estrategia de servicios ITIL V3.

Figura 2.6: Esquema de Estrategia de Servicio de ITIL V3.



Fuente: AXELOS Global Best Practice

ITIL avala un marco de trabajo denominado Gestión de la Continuidad del Servicio de TI (ITSCM, IT Service Continuity Management, por sus siglas en inglés). La ITSCM se ocupa de los riesgos que podrían causar un impacto repentino y grave en la infraestructura de TI, de manera que una interrupción de los mismos podría poner en peligro la continuidad del funcionamiento de la empresa. De acuerdo con ITIL, la ITSCM debe estar alineada con el ciclo de vida de continuidad del negocio. La ITSCM se centra en la protección de la infraestructura tecnológica, mientras que la continuidad del negocio se centra en los riesgos que podrían interrumpir las operaciones de negocio. Los puntos SD 4.5.5.3 y SD 4.5.5.4 se ocupan de los enfoques y de las actividades y técnicas que hacen posible la ITSCM. También describen las medidas de planificación, protección y optimización de las etapas 3 y 4, Implementación (SD 4.5.5.3) y Operación en curso (SD 4.5.5.4), del ciclo de vida de la ITSCM.

La ITSCM requiere una implicación especial de los agentes involucrados pues sus beneficios sólo se perciben a largo plazo, es costosa y carece de rentabilidad directa. Implementar la ITSCM es como contratar un seguro médico: cuesta dinero, parece inútil mientras uno está sano y desearíamos nunca tener que utilizarlo, pero tarde o temprano nos alegramos de haber sido previsores.

Los principales beneficios de una correcta Gestión de la Continuidad del Servicio se resumen en:

- Se gestionan adecuadamente los riesgos.
- Se reduce el periodo de interrupción del servicio por causas de fuerza mayor.
- Se mejora la confianza en la calidad del servicio entre clientes y usuarios.
- Sirve de apoyo al proceso de Gestión de la Continuidad del Negocio.

Las principales dificultades a la hora de implementar la Gestión de la Continuidad del Servicio se resumen en:

- Puede haber resistencia a realizar inversiones cuya rentabilidad no es inmediata.
- No se presupuestan correctamente los costes asociados.
- No se asignan los recursos suficientes.

- No existe el compromiso suficiente con el proceso dentro de la organización y las tareas y actividades correspondientes se demoran perpetuamente para hacer frente a "actividades más urgentes".
- No se realiza un correcto análisis de riesgos y se obvian amenazas y vulnerabilidades reales.
- El personal no está familiarizado con las acciones y procedimientos a tomar en caso de interrupción grave de los servicios.
- Falta de coordinación con la BCM (Gestión de Continuidad del Negocio).

Las principales actividades de la Gestión de la Continuidad del Servicio se resumen en:

- Establecer las políticas y alcance de la ITSCM.
- Evaluar el impacto en el negocio de una interrupción de los servicios TI.
- Analizar y prever los riesgos a los que está expuesta la infraestructura TI.
- Establecer las estrategias de continuidad del servicio TI.
- Adoptar medidas proactivas de prevención del riesgo.
- Desarrollar los planes de contingencia.
- Poner a prueba dichos planes.
- Formar al personal sobre los procedimientos necesarios para la pronta recuperación del servicio.
- Revisar periódicamente los planes para adaptarlos a las necesidades reales del negocio.

Primeramente se deben clasificar las operaciones de la empresa y su criticidad para poder evaluar los riesgos de interrupción y factores de amenaza.

**Críticas.-** Son funciones que sólo pueden recuperarse si sus capacidades se remplazan por otras idénticas. No se pueden realizar manualmente. Tienen muy baja tolerancia a interrupciones. Su interrupción representa un alto costo.

**Vitales.-** Son aquellas que pueden realizarse por métodos manuales pero por breve tiempo. Son un poco más tolerantes a interrupciones. El costo de su interrupción es menos alto.

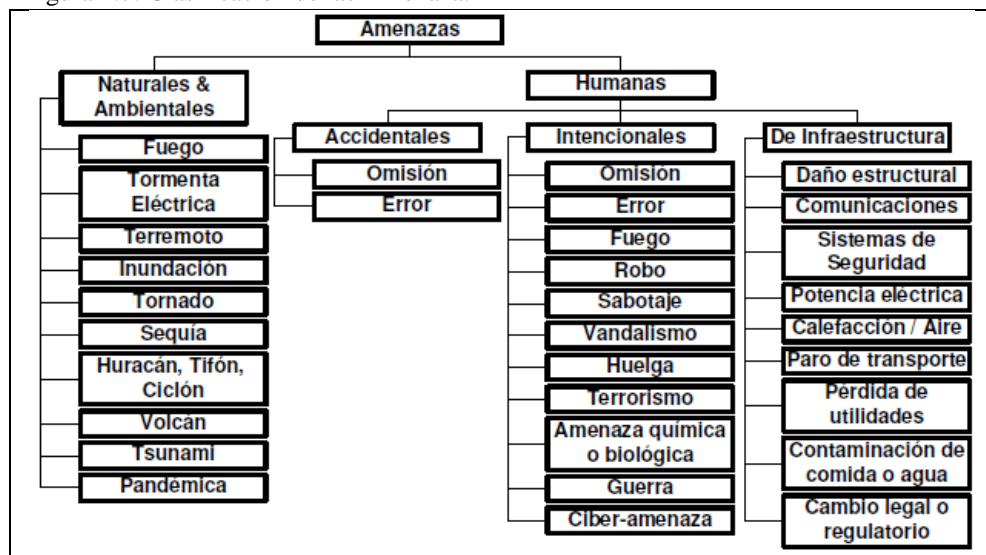
Sensitivas.- Son funciones que pueden realizarse manualmente por un tiempo menos corto, tienen un menor costo pero requieren personal adicional.

No Críticas.- Son funciones que pueden interrumpirse por tiempos prolongados a un costo pequeño o nulo. No requieren de esfuerzos para ponerse al día.

Según Bracho (2012), “identificar las amenazas y, sobre todo, su riesgo de ocurrencia resulta aún más complicado que corregirlas. Las amenazas no siempre estarán claras, ya que pueden no ser intencionadas y pueden encontrarse, tanto fuera, como dentro de la organización”.

Las Amenazas se pueden clasificar de acuerdo a su origen y probabilidad de ocurrencia, como lo muestra la figura 2.7

Figura 2.7: Clasificación de las Amenaza.



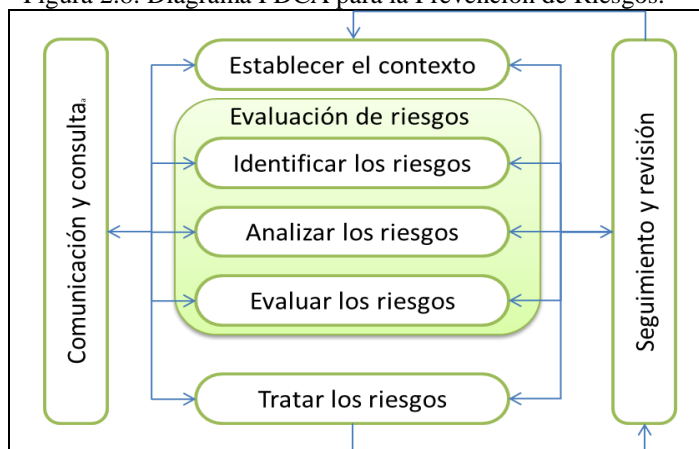
Fuente: IT Governance Institute

De acuerdo con Bracho (2012), los elementos a identificar son:

- Qué es lo que se debe proteger (activos)
- Qué factores suponen un peligro (amenazas)
- Cuál es la probabilidad de que esos peligros Ocurran
- Cuál es el grado de incertidumbre que la organización está dispuesta a asumir (riesgo residual)
- Cuál sería el costo si esos peligros se materializaran y afectasen los activos (impacto)

De nuevo se recomienda aplicar el ciclo de Deming, en este caso para la prevención de riesgos, es decir, planear, hacer, verificar, actuar (PDCA por sus siglas en inglés). Se deben diseñar reacciones sustantivas, así como analizar, controlar y evaluar para prevenir cualquier riesgo que ocurra en el proceso. La figura 2.8 es un diagrama de Deming para la prevención de riesgos.

Figura 2.8: Diagrama PDCA para la Prevención de Riesgos.



Fuente: Bracho, 2012

Espinar (2011), dice que en la actualidad casi todas las empresas, grandes y pequeñas, dependen en mayor o menor medida de los servicios informáticos, por lo que cabe esperar que un "apagón" de los servicios TI afecte a prácticamente todos los aspectos del negocio. Sin embargo, es evidente que hay servicios TI estratégicos de cuya continuidad puede depender la supervivencia del negocio y otros que "simplemente" aumentan la productividad de la fuerza comercial y de trabajo.

De acuerdo con Espinar (2011), la Gestión de la Continuidad del Servicio debe enumerar y evaluar, dependiendo de su probabilidad e impacto, los diferentes riesgos factores de riesgo. Para ello la ITSCM debe:

- Conocer a profundidad la infraestructura TI y cuáles son los items de configuración involucrados en la prestación de cada servicio, especialmente los servicios TI críticos y estratégicos.
- Analizar las posibles amenazas y estimar su probabilidad.
- Detectar los puntos más vulnerables de la infraestructura TI.

Cuanto mayor sea el impacto asociado a la interrupción de un determinado servicio, mayor habrá de ser el esfuerzo realizado en actividades de prevención. En aquellos casos en que la "solución puede esperar" se puede optar exclusivamente por planes de recuperación.

El impacto de un incidente va de acuerdo al daño potencial que éste podría causar; se clasifica desde catastrófico hasta casi nulo. El costo/beneficio se refiere al monto que deberá invertir la organización para prevenir un incidente y el beneficio o mejora que atraerá la implementación de la acción preventiva.

La tabla 2.1 relaciona la metodología para la evaluación de cada riesgo identificado según su clasificación.

Tabla 2.1: Metodología para la Evaluación de Riesgos

<b>Probabilidad</b>	<b>Valor</b>	<b>Impacto del daño</b>	<b>Valor</b>	<b>Costo/beneficio</b>	<b>valor</b>	<b>Valor total</b>
Inminente	5	Catastrófico	5	Indispensable	5	15
Muy probable	4	Severo	4	Muy benéfico	4	12
Probable	3	Importante	3	Benéfico	3	9
Poco probable	2	Poco importante	2	Poco benéfico	2	6
Casi nulo	1	Casi nulo	1	Casi nulo	1	3

Fuente: Elaboración Propia

Si la escala de evaluación (valor total) es mayor o igual a 9, se deben aplicar acciones correctivas, si el valor es menor o igual a 8, son tolerables.

Gracias a los resultados de este detallado análisis se dispondrá de información suficiente para proponer diferentes medidas de prevención y recuperación que se adapten a las necesidades reales del negocio.

Por ejemplo, si el riesgo de pérdida de alimentación eléctrica es elevado debido a la localización geográfica, se puede optar por deslocalizar ciertos servicios de TI a través de proveedores que dispongan de sistemas de generadores redundantes o adquirir generadores que proporcionen la energía mínima necesaria para alimentar los ítems de configuración de los que dependen los servicios más críticos, etcétera.

Al final de todo el proceso se llega a un diseño que permitirá minimizar los riesgos en la organización, aunque nunca podrán ser anularlos por completo: siempre habrá cierto grado de riesgo que se debe asumir, ya sea por inevitable o bien por resultar demasiado costosa su eliminación. La diferencia entre una política de recuperación y una de continuidad se muestra en la tabla 2.2.

Tabla 2.2: Comparativo del Plan de Recuperación vs. Plan de Continuidad del Negocio

Plan de Recuperación de Desastres	Plan de Continuidad del Negocio
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Minimizar el impacto financiero asociado con un desastre</li> <li>• Recuperarse de episodios de interrupción prolongada</li> <li>• Desastres de Baja-Frecuencia Alto-Impacto</li> <li>• Planes documentados que confían en la recuperación después del evento.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Asegurar la continuidad financiera, la satisfacción del cliente y la productividad aun en una catástrofe</li> <li>• Disponibilidad continua mediante gestión de riesgos de la información y operacional</li> <li>• Amenazas tradicionales a los activos fijos y amenazas emergentes a la infraestructura de la información</li> <li>• Tecnología emergentes y excelencia operacional.</li> </ul>

Fuente: Elaboración propia

## 2.9 Casos de Éxito.

Para sustentar este marco de referencia se presentan tres casos de éxito, uno en el ámbito Internacional, otro en el contexto de Latinoamérica y el tercero a nivel Nacional como apoyo para elaborar esta propuesta a nivel local.

En el contexto internacional, podemos considerar el edificio del Pacific Control Headquarters en Dubai, el cuál es probablemente el mejor ejemplo en el planeta de cómo una clara visión de sustentabilidad, utilizando herramientas de automatización, puede producir un edificio de clase mundial que por muchos años disfrutará de un medible incremento en la eficiencia de sus prestaciones, así como una reducción en los costos de operación. Su construcción inició en septiembre de 2005, con una superficie total de 120,000 pies cuadrados, quedando terminado en septiembre de 2006.

Este proyecto alcanzo una certificación LEED Platinum como edificio sustentable al integrar un sistema gestor de edificios inteligentes (BMS por sus siglas en inglés)

totalmente automatizado para cumplir con los requerimientos de control y monitoreo de los criterios LEED. Ya que el fabricante Tridium/Niagara Framework es un socio de PCHQ en Medio Oriente, fue quien resultó seleccionado para suministrar e instalar todos los dispositivos y el software del sistema integral de automatización. Este Framework soporta los estándares abiertos como oBIX, Lonworks, BACnet y Modbus y ofrece un control en plataforma web totalmente integrado de HVAC, Iluminación, Control de Acceso, Telefonía IP y una administración del edificio bajo la seguridad Firewall de Cisco y otras políticas de alto nivel. Niagara provee todas las funciones (como alarmas, registro y archivo de eventos) así como la interface gráfica del usuario. El control de acceso y las cámaras son basadas en IP para video-vigilancia y se integran al sistema gestor del edificio (BMS) por software. Las credenciales pueden ser programadas para encender/apagar luces y aire acondicionado. La red de telefonía IP de cisco también se integró al sistema para permitir al usuario controlar la temperatura del cuarto y operar las luces desde la pantalla del teléfono IP. El Centro Global de Comando y Control ofrece un monitoreo remoto 24/7/365 de todos los servicios electromecánicos y de seguridad para el Municipio de Dubai.

A nivel Latinoamérica, consideramos el complejo del Centro Comercial Santa Fe en Medellín, Colombia, el cual cuenta con un sistema de última tecnología en automatización y control, con un sistema de detección de incendios que cumple con la normativa NFPA 101 Norma Internacional de Incendio, y su homologación en Colombia Acuerdo 20/95 con evacuación por audio automático totalmente integrado y certificado UL de fábrica, un sistema de control de acceso y seguridad, un sistema de CCTV totalmente integrado, un sistema de parqueaderos automático, integración por Modbus con los dispositivos y equipos electro-mecánicos y el manejo de la iluminación con controladores tipo PLC (Controlador Lógico Programable) integrados por protocolo Modbus, un sistema de intrusión de alarmas, para robos, los locales tienen un botón de pánico en caso de que haya un intento de robo y la administración lo detecta. Un tercer tema es el manejo eficiente de la energía (construcciones verdes), el uso de iluminación inteligentemente, equipos electromecánicos los recursos como subestación, bombas, Aire Acondicionado le brinda al centro comercial una operación eficiente y redundante en el control, es decir el personal

puede dedicarse a otras actividades propias del Centro Comercial y monitorear el sistema de automatización el cual genera un reporte de todos sus equipos, estado y mantenimiento predictivo o correctivo. En la Iluminación se manejan diferentes estrategias, zonas de servicio, zonas comunes locales y zonas exteriores. Diferenciadas en exteriores por nivel de iluminación o por horario, pasillos también por zonas horarias y en zonas privadas por sensor de movimiento o a voluntad del operador. Las rutas de evacuación tienen su iluminación auxiliar. Todas las funciones se integran por un BAS (Building Automation System) que gestiona y monitorea seguridad, incendio, CCTV, control de acceso, intrusión y Aire Acondicionado en una misma red multiagente mediante protocolos de automatización Modbus y BACnet. El sistema está totalmente monitoreado desde una sola consola y genera reportes y alertas en tiempo real.

En el ámbito nacional, sin duda el caso de éxito obligado es el World Trade Center de la ciudad de México, el cuál a partir del año 1992 inició su remodelación total para transformarlo de ser un hotel a lo que actualmente conocemos como un centro mundial de negocios, quedando terminado en 1995. El conjunto suma alrededor de 630,826 m<sup>2</sup>, incluyendo la torre de oficinas, el estacionamiento, el centro de convenciones y exposiciones, el centro comercial y el hotel. La Torre WTC está administrada por un sistema inteligente (BIS) que controla todas las instalaciones y equipos de forma armónica y eficiente para proteger la vida de las personas. Agrupa todas las prestaciones del edificio, tales como el de aire acondicionado, el hidráulico, eléctrico, de seguridad y protección contra incendios. Dicho sistema controla los accesos. Cuenta con un circuito cerrado de televisión y monitoreo de los tanques de almacenamiento, alarmas y elevadores. Acciona y detiene equipos, enciende y apaga alumbrados, y modera el trabajo de los equipos en cuanto a temperaturas, horarios e iluminación de áreas comunes. Cada uno de los espacios que se venden, cuenta con las acometidas básicas de todas las instalaciones necesarias y pueden volverse tan sofisticados como se requiera, ya que el sistema central permite la integración de cualquier otro sistema a los cerebros del edificio. Con relación al ahorro de energía, se colocaron en todas las luminarias del edificio lámparas ahorradoras de vapor de sodio, focos tipo PL y lámparas dtróicas de bajo voltaje. En el caso del aire acondicionado, no solamente se consideraron torres de enfriamiento, sino también una

planta de almacenamiento de hielo que operará durante las noches. Para las fachadas del edificio se seleccionaron materiales que cumplieran con las normas internacionales de seguridad y riesgos, y que además formaran parte de la modernidad de la arquitectura del edificio. La fachada del WTC es comparada con un vestido de lentejuela, donde cada una de las piezas se mueve por sí sola para absorber el movimiento de un sismo. El espesor de los cristales varía entre seis y nueve milímetros. Dependiendo de su ubicación, el cristal en cuestión fue diseñado y fabricado especialmente para el WTC, con una garantía de 25 años por decoloración y resistencia.

Cabe destacar que los casos de éxito presentados en este documento fueron realizados en diferentes ámbitos y regiones geográficas, con diferencias en las condiciones climáticas así como entornos culturales distintos, aparte de los esquemas macroeconómicos internacionales.

La presente propuesta reconoce estas condicionantes en nuestro entorno local y considera que una empresa en Mexicali se encuentra en circunstancias distintas a las de otras latitudes. Sin embargo, el concepto multiagente y el uso de protocolos abiertos como Lonworks, BACnet y Modbus, permite implementar las mismas facilidades en cuanto a automatización, control, seguridad, gestión energética y confort en cualquier edificio independientemente de los factores mencionados anteriormente. Es decir, la variable que se puede ver afectada debido a las condiciones climáticas sería el costo y la cantidad de los recursos. Por ejemplo, el costo de mantener una bodega de 500m<sup>2</sup>, a una temperatura de 60<sup>0</sup> F, no es el mismo en Mexicali que en San Diego, California.

### Capítulo 3. Metodología

La base metodológica de este trabajo es de tipo descriptivo con enfoque cuantitativo. Los objetos de estudio son las empresas de Mexicali. La selección del universo se basó en sus características, en cuanto a su tamaño, las que se clasifican entre medianas y grandes; en cuanto a su infraestructura tecnológica, las que cuentan con una red de área local certificada y un grado mínimo de inteligencia de su edificio.

#### 3.1 Diagnóstico de Requerimientos.

Se diseñó un instrumento (cuestionario), que aparece en el Anexo A, para entrevistar al gerente o responsable de TI en cada una de las empresas de la muestra, con el fin de hacer un diagnóstico de las condiciones actuales de su edificio, así como las necesidades de automatización de sus instalaciones. Esto es, determinar los requerimientos del sistema propuesto.

Para definir el universo se consideraron sus características, en cuanto a su tamaño, las que clasifican entre medianas y grandes; y en cuanto a su infraestructura tecnológica, las que cuentan con una red de área local certificada y un grado mínimo de inteligencia de sus edificios.

Del padrón de empresas de Mexicali proporcionado por la SEDECO y del padrón de empresas obtenido del portal de INEGI, así como otras fuentes locales de información, se encontró una población  $N = 84$  empresas con las características deseadas.

Aplicando la fórmula de la muestra óptima,

$$n = \frac{(N)(Z_{\alpha/2})^2(p)(q)}{E^2(N-1) + (Z_{\alpha/2})^2(p)(q)}$$

Se obtuvo una muestra  $n = 40$

De las cuarenta empresas donde se aplicó el cuestionario, sólo 22 de ellas respondieron oportunamente.

### 3.2 Análisis de Datos.

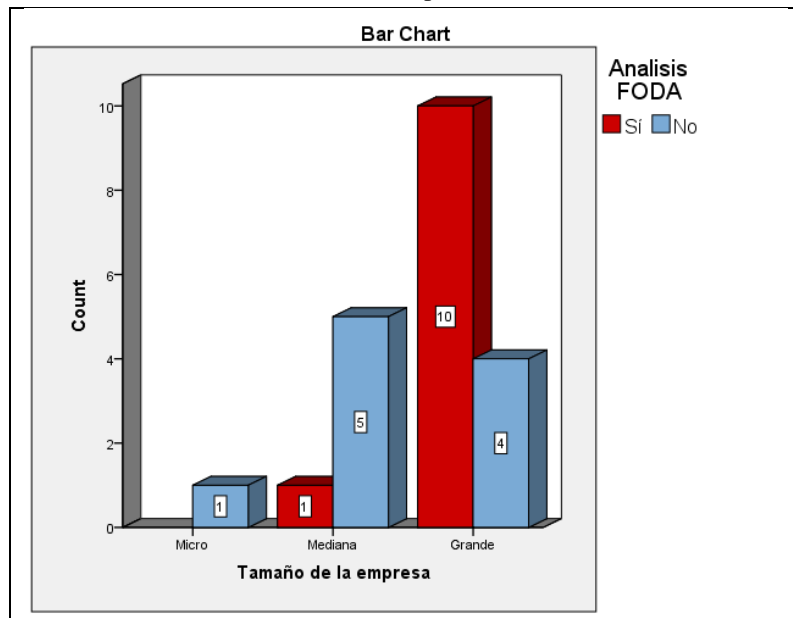
Una vez obtenida la información por medio del instrumento aplicado a las empresas medianas y grandes de la localidad, utilizando el paquete SPSS, se capturaron los datos para realizar los análisis descriptivos necesarios para conocer las características generales de las empresas.

La intención del diagnóstico fue determinar en qué grado de inteligencia se encuentran los edificios de estas empresas y poder definir una base de partida para esta propuesta. Es decir, considerar estas características comunes como el estado inicial de una empresa “promedio” en la cual realizar el experimento.

Los análisis de los datos arrojaron los siguientes resultados:

Primeramente se obtuvieron cruces de algunas variables para observar la correlación entre ellas. El primer caso fue entre las variables Tamaño de la Empresa Vs. Análisis FODA, lo cual arrojó el resultado que muestra la gráfica 3.1:

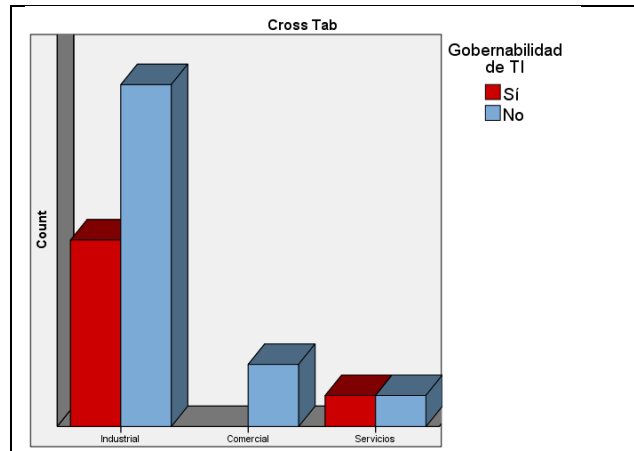
Gráfica 3.1: Cruce: Tamaño de la Empresa vs. FODA



Fuente: Elaboración propia

Otro cruce fue entre las variables Giro de la Empresa Vs. Gobernabilidad de TI, como se puede analizar en la gráfica 3.2:

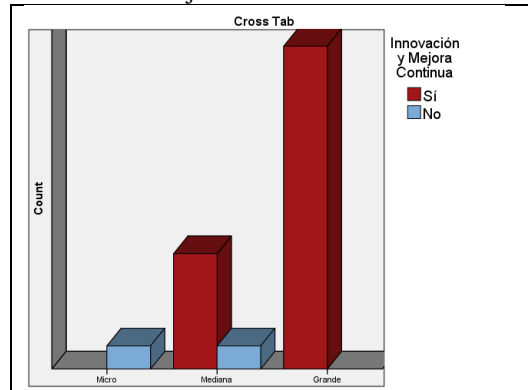
Gráfica3.2: Cruce: Giro de la Empresa vs. Gobernabilidad de TI



Fuente: Elaboración propia

Otro cruce interesante fue entre las variables Tamaño de la Empresa Vs. Innovación y Mejora Continua. Ver gráfica 3.3:

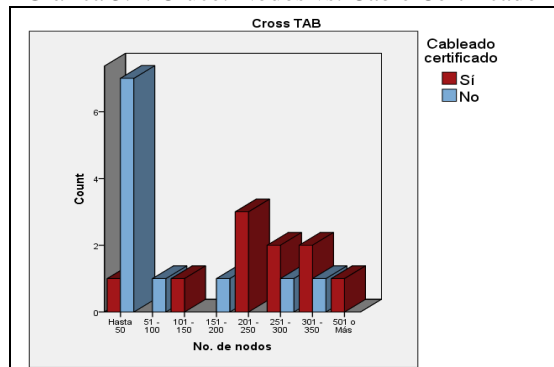
Gráfica 3.3: Cruce: Tamaño de la Empresa vs. Innovación/Mejora Continua



Fuente: Elaboración propia

El último cruce fue entre las variables No. de Nodos Vs. Cableado Certificado. Ver gráfica 3.4:

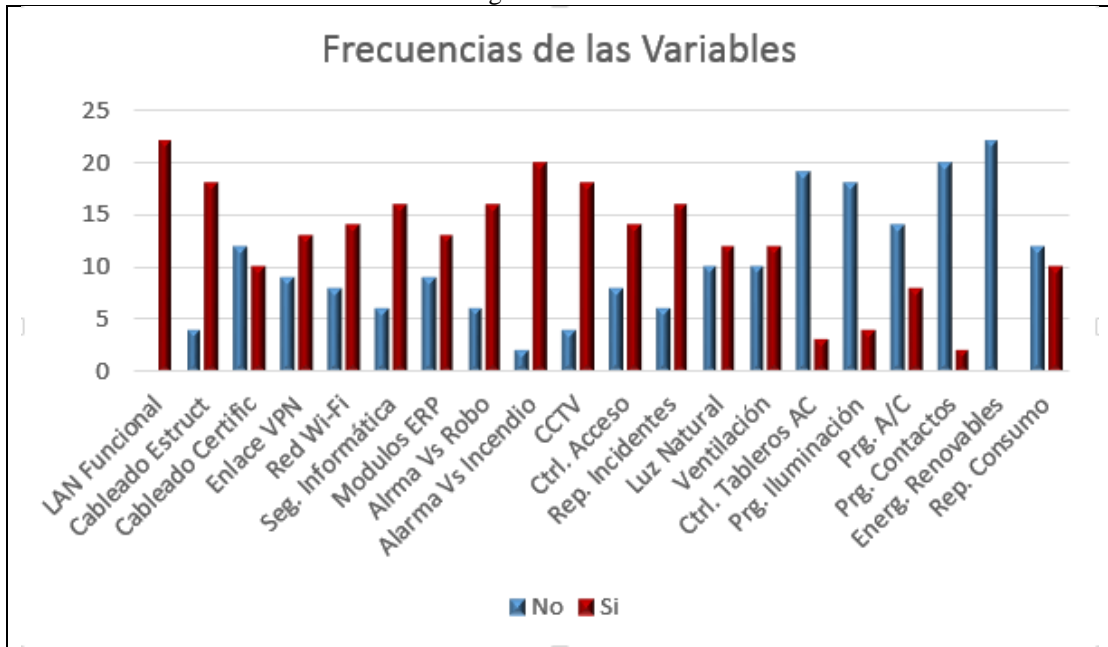
Gráfica 3.4: Cruce: Nodos vs. Cable Certificado



Fuente: Elaboración propia

Otros análisis obtenidos fueron algunos porcentajes sobre las variables que definen la inteligencia del edificio y la integración de los servicios. Ver gráfica 3.5:

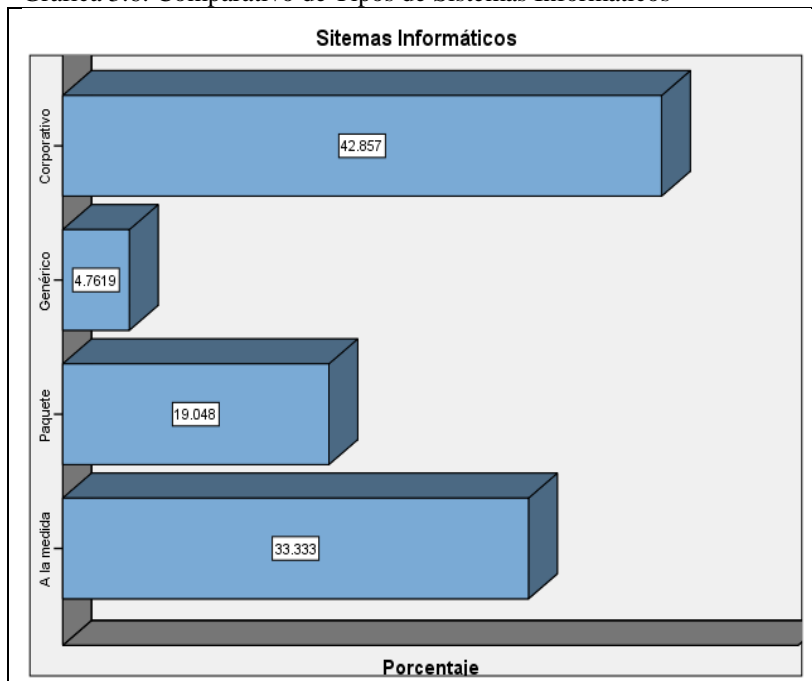
Gráfica 3.5: Frecuencias de las Variables Significativas del Instrumento



Fuente: Elaboración propia

También es interesante notar el tipo de sistemas informáticos que utilizan estas empresas. Según se puede observar en la gráfica 3.6:

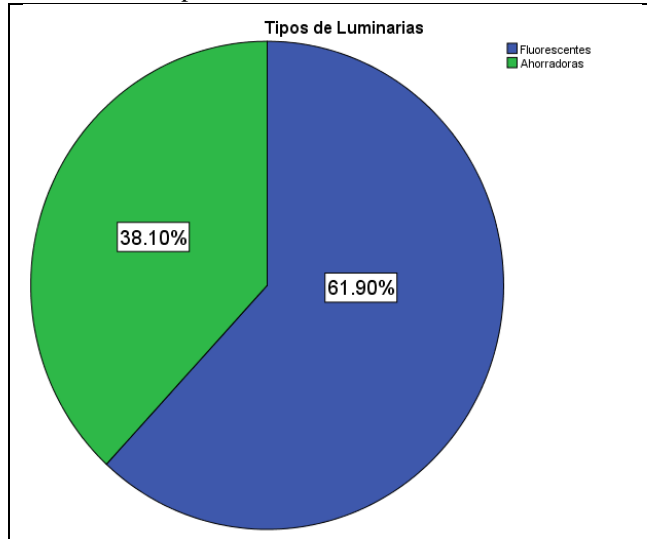
Gráfica 3.6: Comparativo de Tipos de Sistemas Informáticos



Fuente: Elaboración propia

Igualmente, el tipo de Luminarias. De todos los tipos de la variable, sólo se utilizan dos: Fluorescentes y Ahorradoras, en la proporción que muestra la gráfica 3.7:

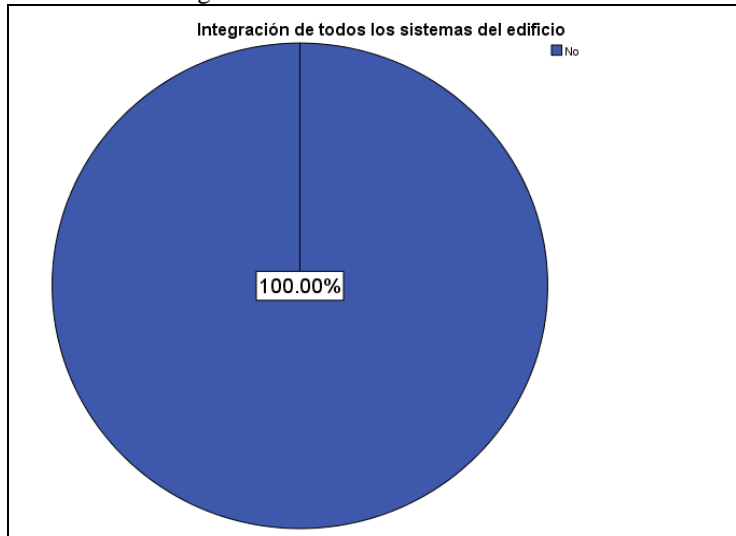
Gráfica 3.7: Tipos de Luminarias



Fuente: Elaboración propia

Y el dato más determinante para esta propuesta es sobre la variable “Integración de todos los sistemas y servicios del edificio”. Como se muestra en la gráfica 3.8, el 100% de las empresas no cuentan con una integración de los sistemas de sus edificios.

Gráfica 3.8: Integración de Todos los Sistema del Edificio.



Fuente: Elaboración propia

Basado en estos datos, se definió una empresa “promedio” como base para el experimento y realizar el proyecto de implementación de manera simulada.

### 3.3 Evaluación de Proyectos de Inversión

Antes de proceder al desarrollo del proyecto, uno de los aspectos determinantes para invertir en un proyecto de esta clase, es el beneficio económico que se puede obtener por concepto de los ahorros que se logran por la optimización de los procesos y la eficiencia energética. Para lo cual se deben aplicar los métodos de evaluación de proyectos de inversión, ya que estos determinan su viabilidad financiera.

Cabe aclarar que en esta investigación no se desarrolló un estudio riguroso de viabilidad en los aspectos financieros de la propuesta, tal como se requiere en un plan de negocios, pero se incluyeron los métodos que deben aplicar los inversionistas interesados en llevar a la práctica esta propuesta técnica.

Si el enfoque de los inversionistas es obtener el retorno de la inversión en poco tiempo, se utiliza el método del PRI (Periodo de Recuperación de la Inversión) o PB (por sus siglas en inglés Pay Back).

Si los flujos netos de caja (FNC) son constantes  $Q_1 = Q_2 = Q_3 = \dots = Q_n$  el período o plazo de recuperación viene dado por:

$$p = A / Q$$

Si los flujos de caja no son constantes, el período de recuperación se calcula acumulando los sucesivos flujos de caja hasta que la suma sea igual al desembolso inicial.

Si el desembolso inicial  $A$  y los flujos netos de caja de los primeros años son negativos, el tiempo de recuperación es lo que se tarda en recuperarse la suma de esos flujos negativos.

Según este criterio, el proyecto es conveniente cuando el período de recuperación es menor que el horizonte económico de la inversión, dado que se recupera la inversión inicial antes de finalizado el plazo total.

Si el objetivo es la creación de valor para la empresa, se debe calcular el VPN (Valor Presente Neto).

Para calcular el VPN de un proyecto de inversión debe determinar el VPN de todos los flujos futuros de efectivo que se espera que genere un proyecto, y luego sustraer (añadir el

flujo de efectivo negativo) la inversión original para precisar el beneficio neto que la empresa obtendrá del hecho de invertir en el proyecto.

El VPN se calcula por medio de la siguiente ecuación:

$$VPN = -A + \frac{Q_1}{(1+r)^1} + \frac{Q_2}{(1+r)^2} + \frac{Q_3}{(1+r)^3} + \dots + \frac{Q_n}{(1+r)^n}$$

donde:

$k$ : Tasa de rendimiento requerida por la empresa para invertir en el proyecto

$Q$ : Flujo Neto de caja o *FNC*

$A$ : Costo o desembolso inicial.

El fundamento del método VPN es sencillo:

- Si  $VPN = 0$ , los flujos de efectivo del proyecto son suficientes para recuperar el capital invertido y proporcionar la tasa requerida de rendimiento sobre ese capital.
- Si  $VPN > 0$ , generará un rendimiento mayor que lo que necesita para reembolsar los fondos proporcionados por los inversionistas, y este rendimiento excesivo se acumulará sólo para los accionistas de la empresa.

Los proyectos con VPN positivo son los que contribuyen a crear o aumentar el valor de la empresa.

Por otro lado, si el interés primordial es la rentabilidad relativa de la inversión, se recomienda el método de la TIR (Tasa Interna de Rendimiento).

El producto será aceptable si la tasa interna de rendimiento del proyecto, la cual es su rendimiento esperado, es mayor que la tasa de rendimiento requerida por la empresa para tal inversión.

La expresión para calcular la TIR es:

$$A = \frac{FNC_1}{(1+r)^1} + \frac{FNC_2}{(1+r)^2} + \dots + \frac{FNC_n}{(1+r)^n}$$

O bien:

$$VPN = -A + \frac{FNC_1}{(1+r)^1} + \frac{FNC_2}{(1+r)^2} + \dots + \frac{FNC_n}{(1+r)^n} = 0$$

donde,

*FNC*: Flujo Neto de Caja

*r*: Representa la TIR del proyecto

*A*: Desembolso inicial.

El criterio de la TIR proporciona una medida de la rentabilidad relativa bruta de un proyecto de inversión. La decisión de invertir se adoptará al comparar la rentabilidad relativa bruta con el costo de capital, tomando como regla de decisión que sólo interesan aquellos proyectos cuya TIR sea superior al costo de capital. Además se puede jerarquizar un conjunto de inversiones alternativas.

Sí la TIR es mayor que su tasa esperada de rendimiento, y si esta es superior a los costos de los fondos empleados para financiar el proyecto, después de recuperar los fondos, resulta un sobrante que se acumula para los accionistas de la empresa. Por otro lado, si la TIR es inferior a los costos de los fondos, llevar a cabo el proyecto impone un costo a los accionistas.

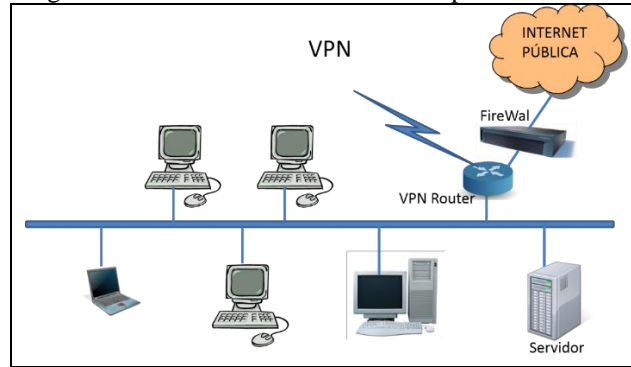
### **3.4 Desarrollo del proyecto.**

Debido a que el presente proyecto es una propuesta y, ya que su implementación en la práctica conlleva una inversión considerable, sólo se concretó en describir de manera hipotética el procedimiento y los elementos necesarios para demostrar, a manera de experimento, la instalación, configuración y programación de los dispositivos, así como la operación del software para el control centralizado de todo el sistema multiagente. La propuesta se basó en estudios previos condicionada a la localidad. Se incluyó la descripción de los dispositivos, las imágenes de los mismos, así como las pantallas del software en cada uno de los módulos.

En cuanto al caso de esta empresa “promedio”, se propuso utilizar su red de área local para incluir los equipos y dispositivos necesarios para la integración de los servicios. La figura 3.1 representa la red de área local de la empresa con su topología tipo bus y su esquema de

seguridad para la comunicación hacia la red pública y su conexión a otras posibles sedes o sucursales.

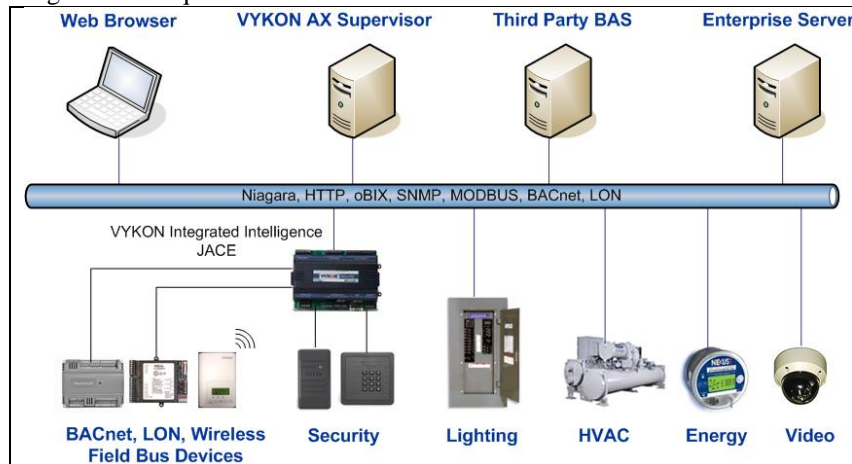
Figura 3.1: Red de Área Local de la Empresa



Fuente: Elaboración propia

Conociendo las necesidades y el nivel actual de automatización de la empresa “promedio”, y conforme a la distribución de sus áreas de trabajo, se propuso un esquema o arquitectura distribuida y modular basada en sistemas abiertos, los cuales permiten la integración de dispositivos y equipos de diferentes protocolos de comunicación. Y aunque la comunicación entre dispositivos es “transparente” al usuario, es posible hacer que el sistema responda de manera unificada y armoniosa, aun siendo de diferentes fabricantes, lo que se conoce como “multivendor”. La figura 3.2 muestra una arquitectura distribuida basada en topología Bus donde se comunican todos los elementos con diferentes protocolos como BACnet, LonWorks, Modbus, TCP/IP, etc.

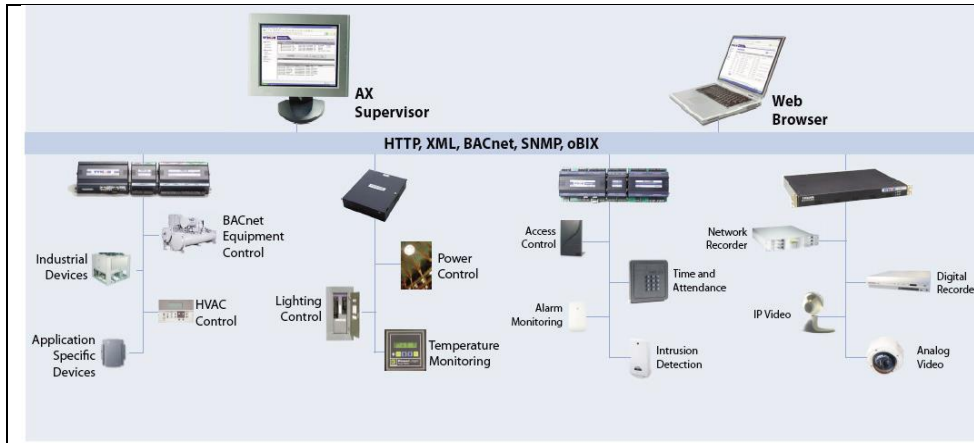
Figura 3.2: Arquitectura Distribuida en Bus con Protocolos Abiertos



Fuente: Tridium Inc.

Los servicios y las prestaciones del edificio se pueden integrar en el mismo control centralizado, considerando los diferentes aspectos, como climatización y confort, gestión energética y seguridad, de manera específica en cuanto a su configuración y monitoreo. La figura 3.3 muestra cuatro aspectos principales de control.

Figura 3.3: Aspectos Principales de Control del Edificio.



Fuente: Tridium Inc.

Para efecto de la implementación, se propuso iniciar explorando los planos arquitectónicos de la empresa donde se decide la ubicación de todos los dispositivos necesarios para el proyecto. La figura 3.4 es un ejemplo de los planos arquitectónicos

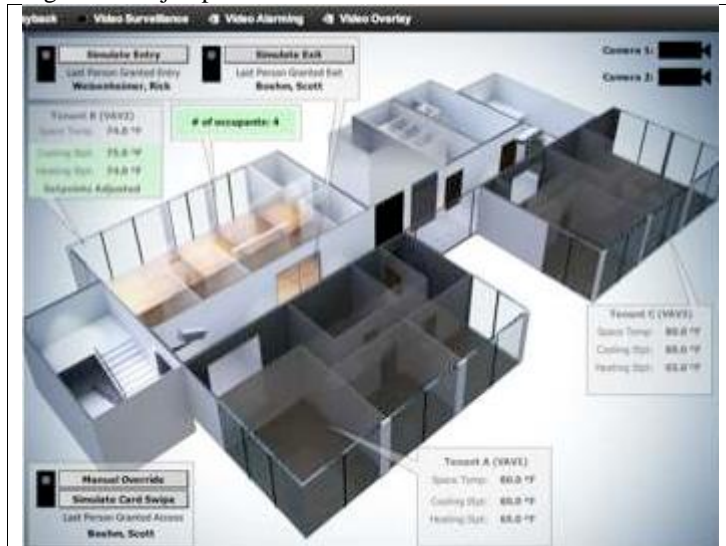
Figura 3.4: Ejemplo de Planos Arquitectónicos de la Empresa



Fuente: meucantinhodecorado.blogspot.mx/

De esta distribución se deriva la necesidad del nuevo cableado que se debe instalar para la conexión de cada elemento hacia el centro de control o site del edificio. La figura 3.5 es un ejemplo en tres dimensiones de las zonas del edificio.

Figura 3.5: Ejemplo de las Zonas del Edificio



Fuente: www.automatedbuilding.com

Se propuso llevar una tabla-control de los elementos como modelo, descripción, cantidad y ubicación para cuantificarlos de manera global, según la tabla 3.1

Tabla 3.1: Relación de Dispositivos y su Ubicación

Modelo	Descripción	Cant	Ubicación

Fuente: Elaboración Propia

Para lograr el control de los circuitos eléctricos, tales como contactos, luminarias y otros servicios alimentados por corriente AC, se encontró que es necesario revisar el proyecto eléctrico del edificio donde se especifican todos los centros de carga o centros de distribución eléctrica, así como cada una de las ubicaciones de los circuitos y la ruta del cableado correspondiente. Así como hacer una revisión del balance de cargas para asegurar un servicio adecuado.

Para efecto de este proyecto de automatización se recomendó instalar dispositivos para el control de iluminación y el monitoreo de energía con tecnología LonWorks.

En cada tablero de distribución se instala un equipo Hubbell de la serie LXBC con la combinación Breakers/Relays y una interface LXJNSYS (Processor Board) para integrarse a la red TCP/IP que le permita al software especializado comunicarse con el tablero y controlar el consumo de energía eléctrica por zonas. Estos tableros permiten utilizar breakers para los circuitos no controlados y LXBR “Controlled Circuit Break/Relay” para los circuitos controlados los cuales responden a la señal de los sensores de presencia y de la computadora según los horarios programados para activar y desactivar circuitos. La figura 3.6 muestra los equipos requeridos.

Figura 3.6: Equipos Propuestos para el Control de Circuitos Eléctricos



Fuente: [www.hubbell-automation.com](http://www.hubbell-automation.com)

Para el control de iluminación en todas las zonas, se instalan tableros automatizados Hubbell de la serie LX (4-48) y una interface (Processor Board) Lynxspring LXJNSYS con tecnología LonWorks, BACnet y Modbus para integrarlos a la red TCP/IP que permitan el monitoreo de la energía y el control de iluminación. Ver figura 3.7:

Figura 3.7: Equipos y Tableros para el Control de Iluminación en Interiores



Fuente: [www.Hullel-automation.com](http://www.Hullel-automation.com)

Para controlar la iluminación en exteriores y en los estacionamientos, se instala un módulo de control sensor de luz natural Hubbell LXPCMLP, el cual se integra al panel LX y se puede programar desde una PC como activo o inactivo. Controla hasta 6 zonas distintas con sensibilidad variable en cada zona. Ver figura 3.8.

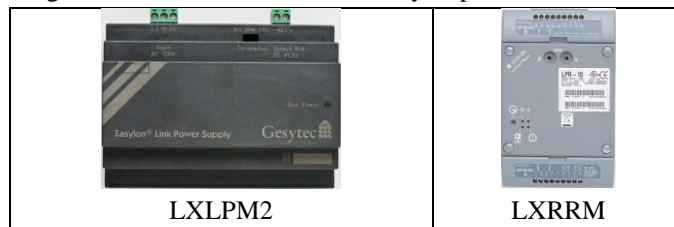
Figura 3.8: Equipo para Control de Iluminación en Exteriores.



Fuente: www.hubbell-automation.com

Los dispositivos de control, tales como los sensores y los equipos de interface deben ser energizados con un Power Supply (fuente de alimentación) tipo LXLPM2 que soporta hasta 56 dispositivos en un mismo segmento. Para energizar los dispositivos de otros segmentos se requiere un repetidor LXRRM y otro LXPM2 para cada segmento. Ver figura 3.9:

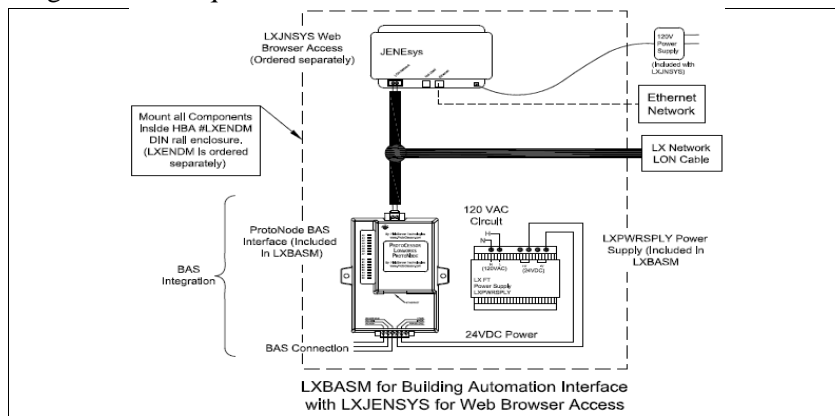
Figura 3.9: Fuente de Alimentación y Repetidor de Señal



Fuente: www.hubbell-automation.com

La figura 3.10 es un esquema de conexión del tablero eléctrico de control como parte del sistema inteligente.

Figura 3.10: Esquema de Conexión de Sistema Eléctrico Controlado



Fuente: www.hubbell-automation.com

El sistema de Control de Acceso se implementa instalando, en la misma red, los dispositivos necesarios en las zonas de entrada/salida del personal. En cuanto a Hardware, se incluye en la red un controlador Vykon SEC-J-201 para controlar los lectores de tarjeta y otros sensores de seguridad y, en cada acceso, un lector de tarjeta de aproximación tipo EM125 Khz que registra el ingreso de la persona y desarma el magneto de la puerta. En cuanto a software, el sistema de recursos humanos captura la asistencia con los datos del empleado, la fecha y la hora. Además, el sensor de presencia envía la señal al control de iluminación y se encienden las luces correspondientes (cuando es la primera persona en ingresar) y se desarma la alarma contra intrusos. La figura 3.11 muestra los equipos y dispositivos necesarios para el control de acceso.

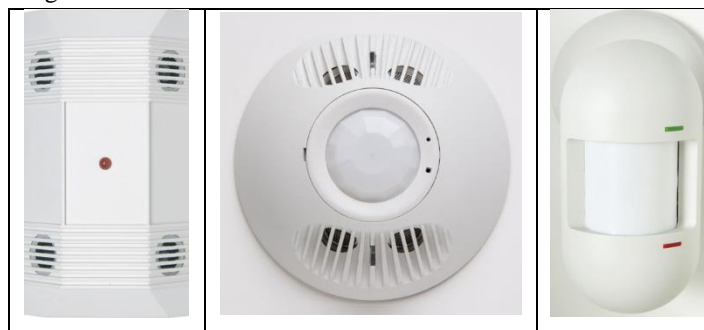
Figura 3.11: Equipos y Dispositivos para el Control de Acceso



Fuente: [www.vykon.com](http://www.vykon.com)

En cuanto al sistema de alarmas actual de la empresa y el de CCTV, los cuales funcionan de manera independiente, se integran a la red centralizada para que se puedan sincronizar de forma tal que los sensores de seguridad, al detectar un intruso, envíe la señal al sistema de CCTV para que se inicie la grabación de video en la zona o zonas del evento. La figura 3.12 muestra diversos tipos de sensores utilizados.

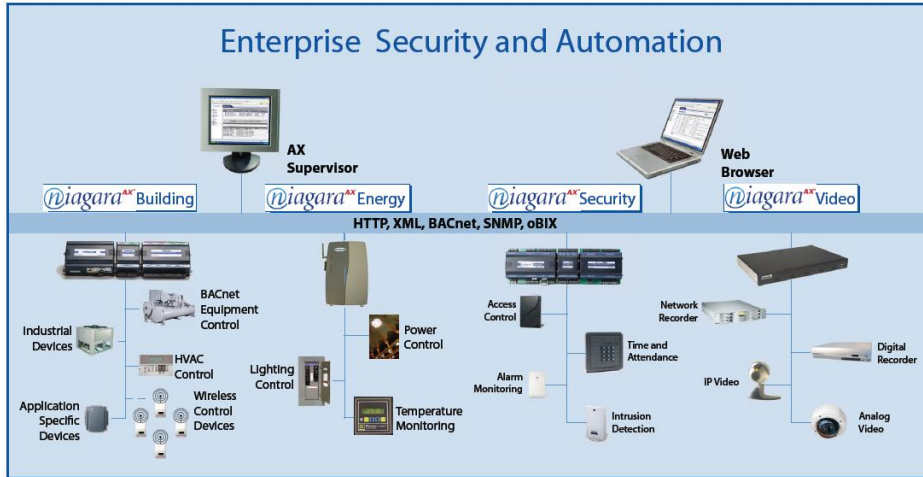
Figura 3.12: Sensores Diversos



Fuente: [www.hubbell-automation.com](http://www.hubbell-automation.com)

Integración de todos los servicios.- Entre diferentes opciones de software especializado en el mercado, como Lyxspring, IBM Tririga, Schneider, Siemens y otros, se optó por Niagara AX Framework, gracias a su versatilidad y su integración con los elementos de control utilizados en este proyecto, ya que es propietario de Tridium, el fabricante más importante de dispositivos de control y automatización, a nivel mundial. Ver figura 3.13.

Figura 3.13: Esquema de los Módulos de Niagara AX



Fuente: [www.tridium.com](http://www.tridium.com)

Contamos con la facilidad de ingresar imágenes en 3 dimensiones con la ubicación de las áreas del edificio para configurar los dispositivos adecuadamente. Ver figura 3.14.

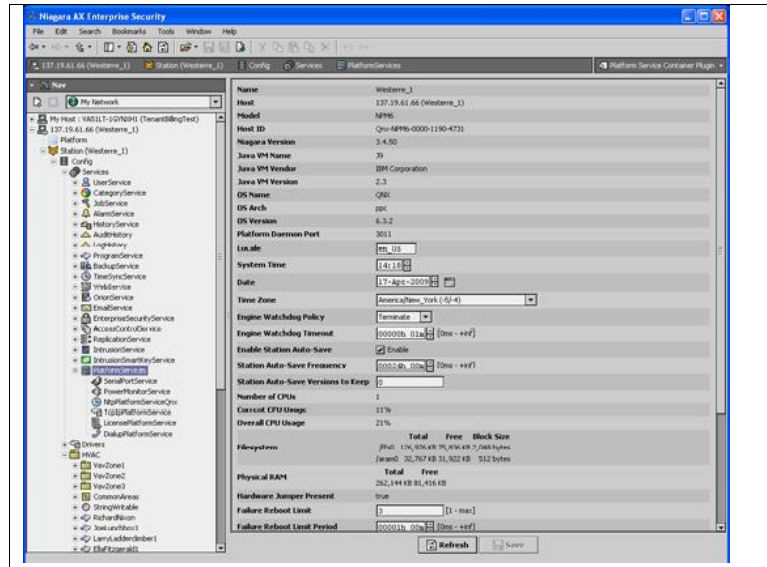
Figura 3.14: Pantalla Mostrando un Mapa de las Oficina en 3D



Fuente: [www.AutomatedBuildings.com](http://www.AutomatedBuildings.com)

Una vez instalados todos los dispositivos de control en la red multiagente, la plataforma Niagara AX los “descubre” y los da de alta en el sistema. De esta manera nos permite configurar sus características y opciones desde el AX Supervisor. La figura 3.15 es una pantalla donde se configuran los dispositivos de control.

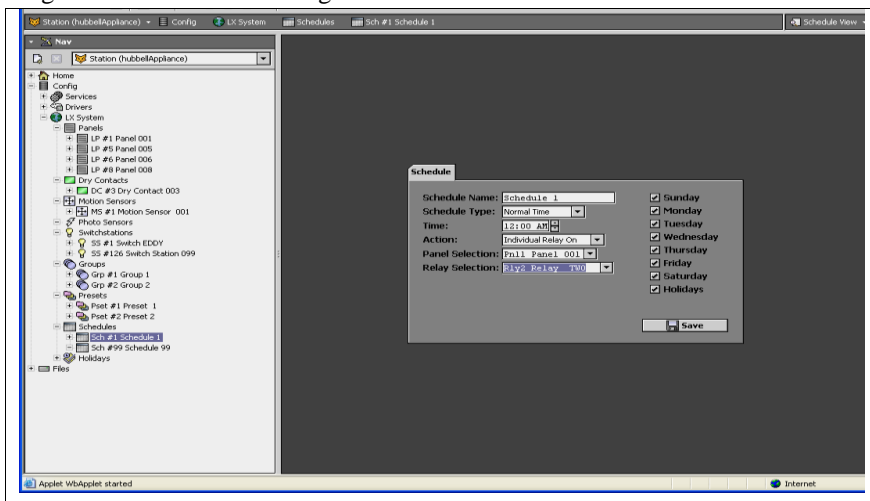
Figura 3.15: Pantalla de Configuración de Dispositivos de Control



Fuente: www.tridium.com

Otra de las facilidades es la programación de horarios de activación y desactivación que se pueden aplicar tanto a las zonas de iluminación como los contactos eléctricos, así como el control de acceso y los sistemas HVAC. La figura 3.16 muestra una pantalla de programación de horarios.

Figura 3.16: Pantalla de Programación de Horarios



Fuente: www.tridium.com

### 3.5 Pruebas de Laboratorio en Tiempo Real.

Gracias a que el fabricante Tridium cuenta con un sitio de pruebas con acceso a usuarios potenciales, fue posible realizar todas las pruebas necesarias de configuración y funcionamiento de los dispositivos en tiempo real. Igualmente permitió generar reportes con diferentes criterios, así como dar de alta a empleados y configurar su perfil conforme a sus capacidades y derechos.

Otra de las facilidades fue la posibilidad de monitorizar los consumos energéticos y el estado de las alarmas en toda la planta y en toda la red.

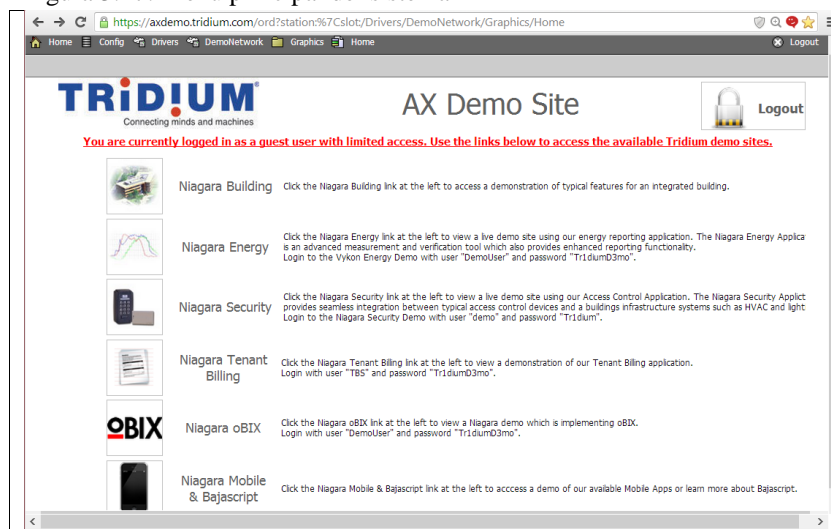
Todos los aspectos de control y automatización, tanto en seguridad, como confort (HVAC) y gestión energética, fueron operados de manera, no simulada, sino utilizando una instalación real de un complejo de edificios con un sistema multiagente, a través de un portal web centralizado.

Para acceder al sistema de muestra, se utilizó la siguiente dirección en el navegador de internet:

<http://Axdemo.tridium.com>

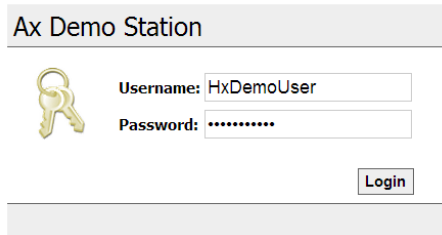
Aquí se ingresó al portal de inicio para seleccionar el tipo de prueba que se desea realizar, como se indica en la figura 3.17:

Figura 3.17: Menú principal del sistema



Fuente: axdemo-tridium.com

En cada caso se debió especificar el nombre de usuario y contraseña válidos para acceder al sitio correspondiente. En la parte de Building se accedió utilizando los datos del usuario:



Ax Demo Station

Username: HxDemoUser

Password: .....

Login

Donde la contraseña: Tr1diumD3mo.

La pantalla inicial mostró el menú de opciones disponibles en este segmento. Ver figura 8.18:

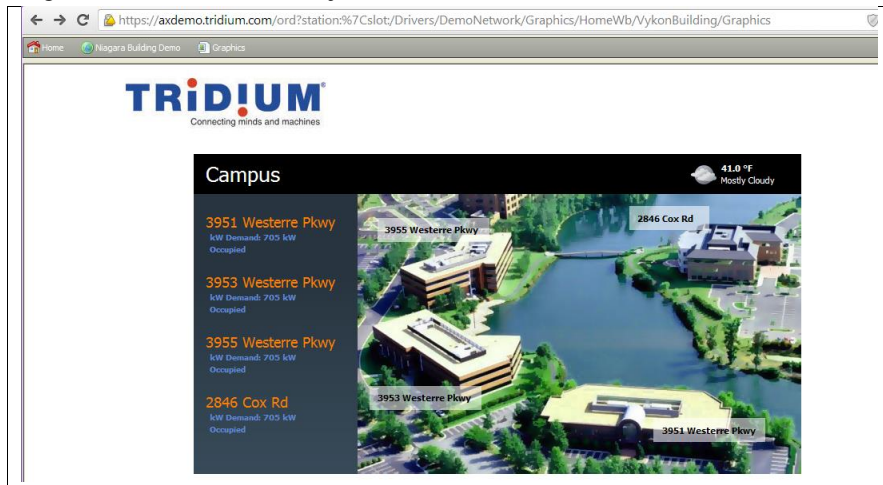
Figura 3.18: Opciones Generales del Menú Building.



Fuente: axdemo-tridium.com

En la parte de gráficos, se encontró todo el aspecto de monitoreo en tiempo real de las condiciones de todos los edificios. Al hacer clic en la opción de gráficos, se accedió a una imagen con los diferentes edificios, integrados en el sistema, como se ven en la fig.3.19:

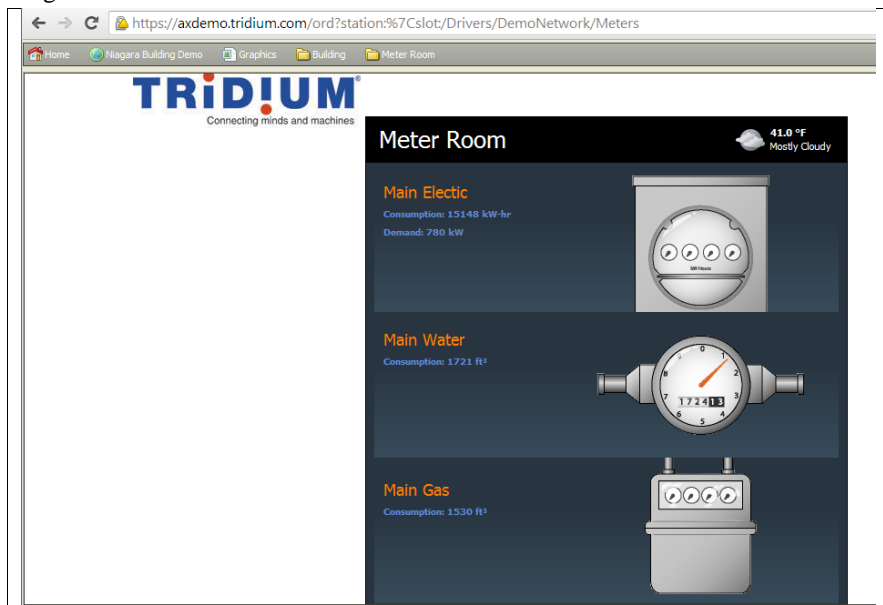
Figura 3.19: Gráfico del Conjunto de Edificios



Fuente: axdemo-tridium.com

Dentro de cada edificio se pudo revisar el estado de los componentes. Por ejemplo, los medidores de consumo en los tres aspectos que se pueden monitorizar. Ver figura 3.20:

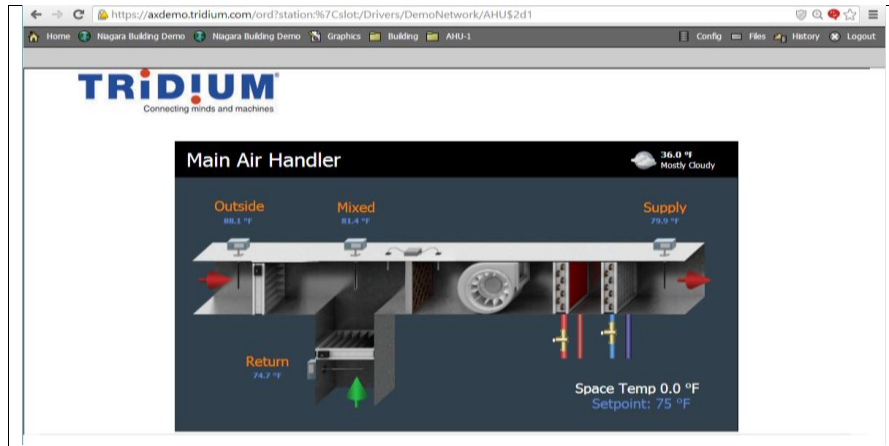
Figura 3.20: Gráfico de Medidores de Consumo



Fuente: axdemo-tridium.com

Otra consulta que se pudo hacer es sobre el estado de la climatización en el edificio. Ver figura 3.21:

Figura 3.21: Monitoreo de la Climatización



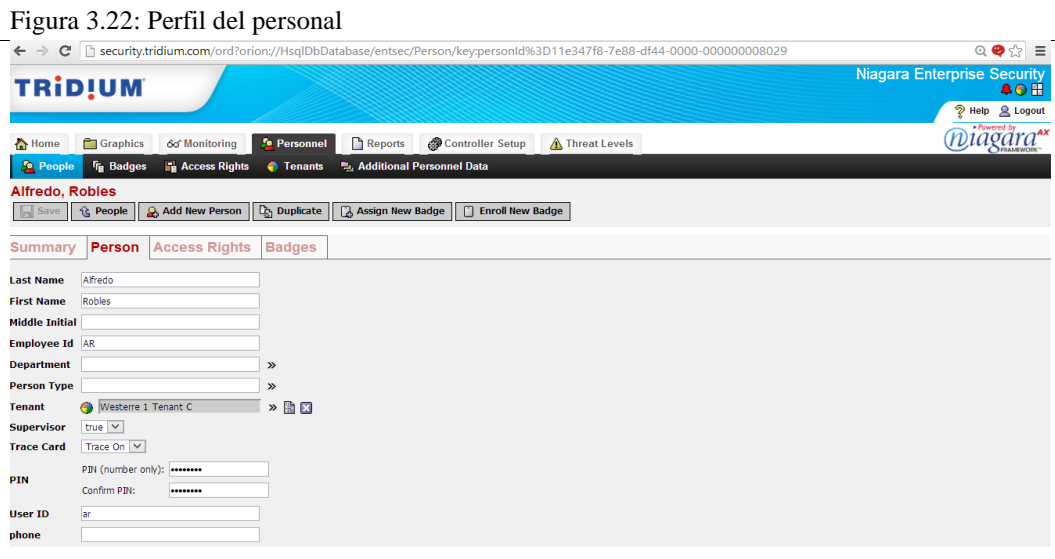
Fuente: axdemo-tridium.com

Al regresar al menú Home, se pudo acceder al aspecto de Tridium Security, con los datos de usuario:



Donde la contraseña es: *Tridium*.

En la pestaña de Personal fue posible configurar el perfil de los empleados y sus permisos de acceso, así como los horarios correspondientes. Ver figura 3.22:



Fuente: personnel-tridium.com

En la pestaña de monitoreo, se pudo revisar en tiempo real la consola de alarmas, como se observa en la figura 3.23:

Figura 3.23: Consola de alarmas

Timestamp	Source Name	Source State	Ack State	Priority	Alarm Class	Message
02-Dec-13 7:30:30 PM EST	Base Reader.Front Door.Sensor	Offnormal	0 Acked / 2 Unacked	150	Medium	Door Held Open Alarm
02-Dec-13 7:30:00 PM EST	Base Reader.Front Door.Sensor	Offnormal	0 Acked / 128 Unacked	150	Medium	Door Forced Alarm
30-Nov-13 11:06:20 AM EST	Tenant B R2R Module.Tenant B.Sensor	Normal	0 Acked / 14 Unacked	150	Medium	Intrusion Timeout Cleared
30-Nov-13 11:06:00 AM EST	Tenant B R2R Module.Enter	Alert	0 Acked / 1 Unacked	150	Medium	No Access Right
14-Nov-13 6:00:30 PM EST	Intrusion R2R Module.Tenant A.Sensor	Normal	0 Acked / 31 Unacked	40	Westerre 1 Tenant A	Door Held Open Alarm Cleared
12-Nov-13 9:14:31 PM EST	Intrusion R2R Module.Tenant A.Sensor	Normal	0 Acked / 48 Unacked	40	Westerre 1 Tenant A	Door Forced Alarm Cleared
24-Oct-13 6:00:00 AM EDT	Intrusion R2R Module.Tenant A.Sensor	Normal	0 Acked / 48 Unacked	40	Westerre 1 Tenant A	Intrusion Timeout Cleared
22-Oct-13 4:57:46 PM EDT	DedicatedMicrosNetwork DedicatedDvr	Normal	0 Acked / 2 Unacked	150	Medium	Ping Success
22-Oct-13 4:57:46 PM EDT	DedicatedMicrosNetwork PTZ Camera	Normal	0 Acked / 2 Unacked	150	Medium	Ping Success
15-Oct-13 11:16:02 AM EDT	Westerre 1 Tenant B	Alert	0 Acked / 2 Unacked	150	Medium	Anti Passback Violation
09-Sep-13 10:42:41 AM EDT	Westerre 1 Tenant B	Alert	0 Acked / 4 Unacked	150	Medium	Granted But Anti Passback Violation: Person Exiting Is Not Inside
09-Sep-13 10:30:57 AM EDT	Base Reader.Parking Gate	Alert	0 Acked / 1 Unacked	150	Medium	No Access Right
03-Sep-13 2:43:49 PM EDT	AccessNetwork Tenant B R2R Module	Normal	0 Acked / 1 Unacked	150	Medium	Ping Success
03-Sep-13 2:43:49 PM EDT	AccessNetwork Base Reader	Normal	0 Acked / 1 Unacked	150	Medium	Ping Success

Feunte: axdemo-tridium.com

Regresando al menú principal se pudo acceder al módulo de gestión energética.

vesDemo

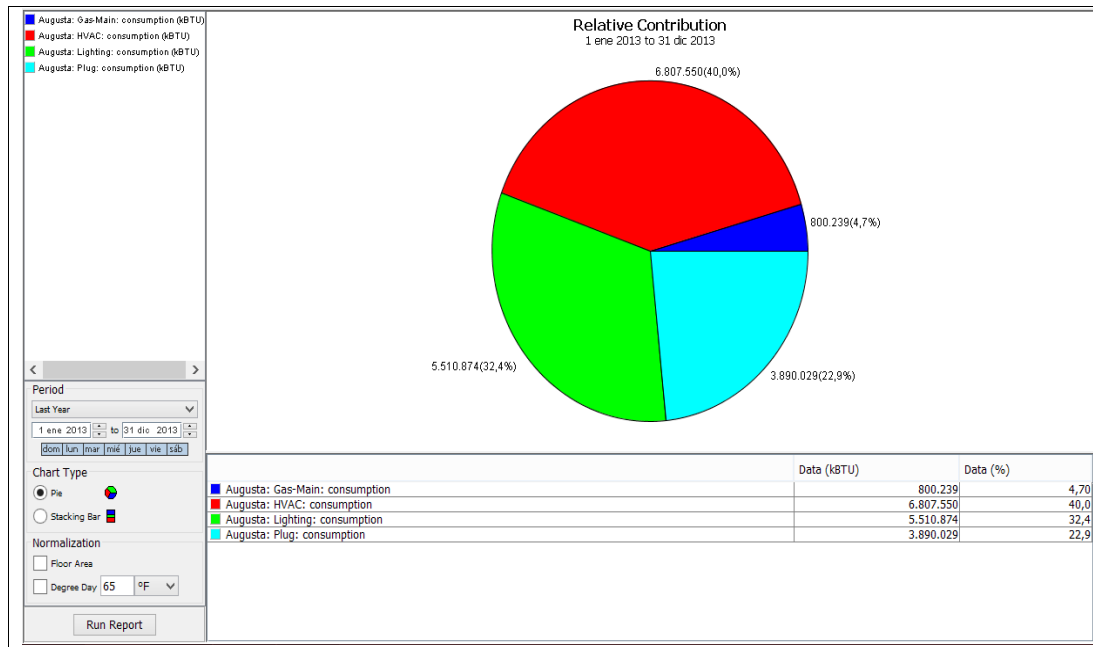
**Username:**

**Password:**

Donde el password es: *TridiumD3mo*.

Algunos de los reportes que se generaron dentro del aspecto de gestión energética, son los de consumo eléctrico por segmentos. Cuya utilidad es conocer qué elementos del edificio consumen más electricidad y en qué horarios. Ver figura 3.24.

Figura 3.24: Reporte de Consumo Eléctrico por Segmentos



Fuente: axdemo.tridium.com

Otro reporte muy útil fue el análisis comparativo de la demanda contra el consumo mensual. Ver figura 3.25.

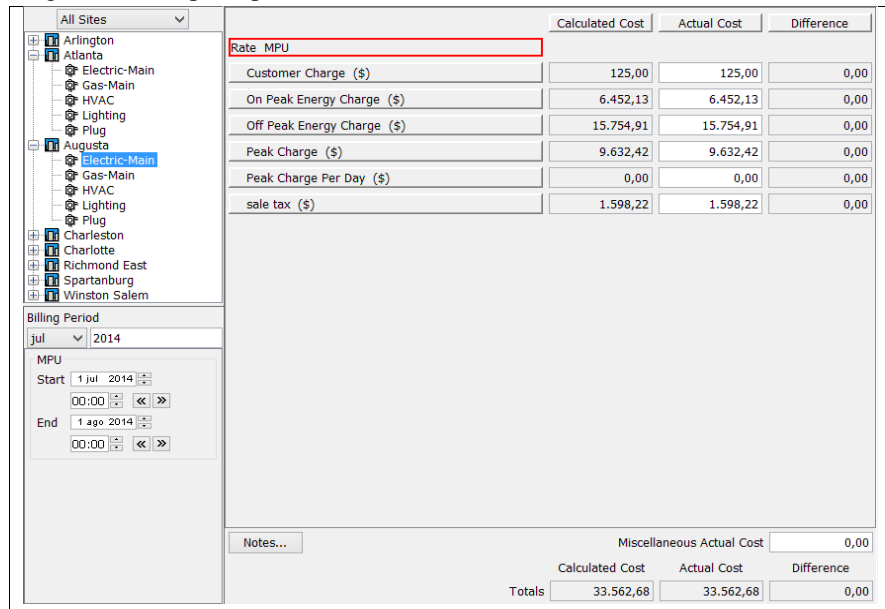
Figura 3.25: Reporte Comparativo: Demanda vs. Consumo

Attached Rate Details		Calculated Cost
<b>Augusta: Electric-Main</b>		
Rate MPU		
Consumption		32.108,63
Demand		17.457,43
Other		2.740,80
<b>Grand Total</b>		<b>52.306,87</b>

Fuente: axdemo-tridium.com

Un reporte que resultó bastante conveniente, es aquél que ayuda a pronosticar el recibo mensual de consumo eléctrico de la empresa. Esta información se puede cotejar con los datos del recibo real calculado por el proveedor para cualquier aclaración pertinente en caso de que los datos resulten considerablemente distantes uno de otro. Ver figura 3.26:

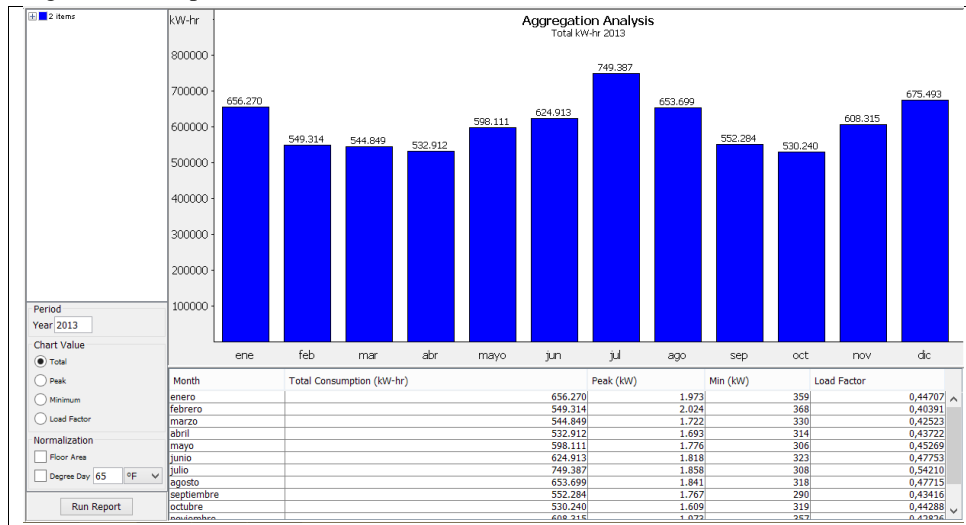
Figura 3.26: Reporte predictivo del recibo mensual



Fuente: axdemo-tridium.com

Un reporte muy importante generado fue el histórico de la demanda de KWh por superficie del último año. Ver figura 3.27:

Figura 3.27: Reporte Histórico Anual de Consumo Eléctrico



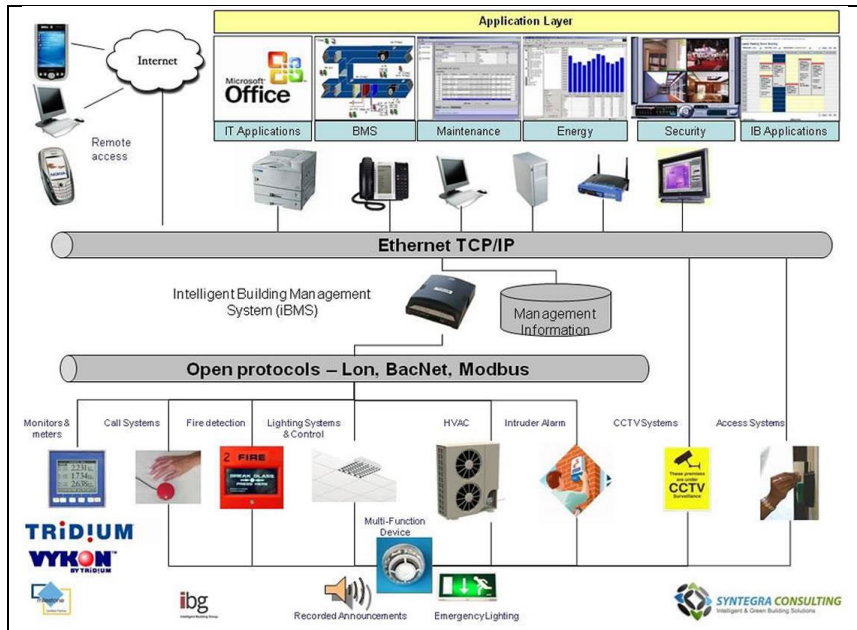
Fuente: axdemo-tridium.com

## Capítulo 4. Resultados

Con las pruebas de laboratorio en tiempo real de esta propuesta de solución se obtuvieron los siguientes resultados:

Integración de todos los subsistemas y prestaciones del edificio en la misma red de área local, como se observa en la figura 4.1.

Figura 4.1: Integración de Todos los Servicios en la Red LAN



Fuente: [www.tridium.com](http://www.tridium.com)

Integración de todos los elementos del aspecto de seguridad del edificio con un monitoreo en tiempo real y generación de reportes de eventos. Ver figura 4.2

Figura 4.2: Monitoreo de la Seguridad del Edificio



Fuente: Lenel United Technologies

Integración de los elementos del aspecto de gestión energética de todas las áreas del edificio proporcionando información relevante para la toma de decisiones en cuanto a la demanda eléctrica. Ver figura 4.3.

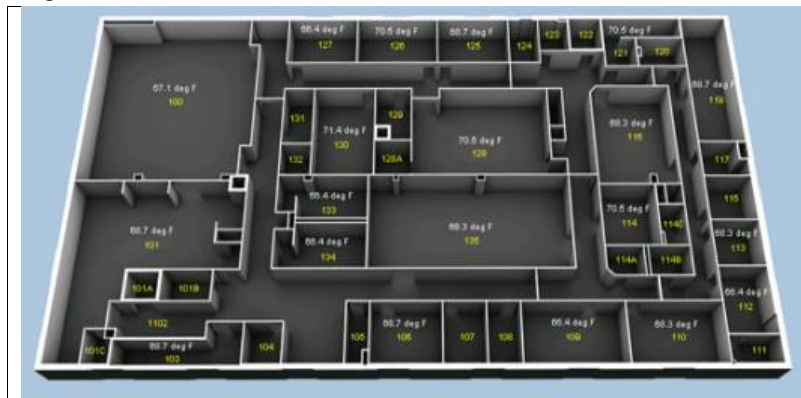
Figura 4.3: Diferentes Mediciones de la Gestión Energética



Fuente: [www.tridium.com](http://www.tridium.com)

También se pudo comprobar la integración del aspecto de confort de los ocupantes del edificio, el cual permite eficientar las transacciones diarias de los empleados al ofrecer un ambiente uniforme de temperatura, ventilación y humedad (climatización), así como la iluminación en todas las áreas de trabajo. Ver figura 4.4.

Figura 4.4: Distribución Uniforme de la Climatización de Edificio



Fuente: Niagara AX Graphics

## Capítulo 5. Conclusiones y Recomendaciones

El tema de Edificios Inteligentes es muy extenso y existen muchas opciones para su implementación y administración.

En base a la investigación realizada de los requerimientos de las empresas medianas a grandes de la localidad y las pruebas de laboratorio efectuadas en tiempo real, mediante el portal web de Tridium, se concluye que la implementación de esta propuesta es factible para cualquier empresa con las características mencionadas en el apartado de Metodología. Siempre y cuando efectúe el procedimiento para la evaluación de proyectos de inversión, incluido también en esta propuesta y considere la razón Costo/Beneficio.

Este trabajo puede servir de base para próximas investigaciones sobre el tema donde se incluyan los aspectos que aquí no son abordados, tales como, las fuentes de energías renovables, control de gases e instalaciones hidro-sanitarias, control de persianas y otros elementos electromecánicos, control de estacionamientos, irrigación de jardines, entre otros.

Como se indicó en la introducción de este trabajo, la propuesta se aplica a un edificio existente y por lo tanto, muchos aspectos de diseño y de infraestructura quedan fuera del alcance del proyecto, pero este trabajo sirve como antecedente para considerar estos aspectos tecnológicos en nuevas edificaciones que puedan beneficiarse si desde la etapa del diseño o anteproyecto se incluyen en la misma infraestructura del edificio.

Es muy importante dimensionar el proyecto en base a las necesidades del usuario de tal manera que se logre cumplir con sus objetivos planteados y solucionar el problema de investigación.

Recursos y presupuesto.

En cuanto a los recursos materiales y humanos, se recomienda la intervención de una empresa integradora de servicios tecnológicos que ofrezca la mejor cotización. Todos los materiales son suministrados e instalados por dicho integrador cuyos costos ya incluyen horas hombre de los instaladores asignados al proyecto. Así mismo debe cumplir con los

tiempos de entrega estipulados en la contratación de acuerdo a las etapas previstas en el cronograma general.

Además, se recomienda la participación de cierto personal de la empresa en la definición de las políticas y de los servicios requeridos. También se considera la capacitación del personal técnico especializado en el uso y configuración del sistema.

Cabe destacar que la empresa puede participar o acceder a los fondos económicos nacionales o créditos de los diferentes organismos de apoyo a la innovación, a la ciencia y tecnología, como lo son:

Reniecyt - Programa de Estímulos a la Innovación en cualquiera de sus 3 modalidades; Innovapyme, Innovatec y Proinnova.

Conacyt – Fondos Mixtos y Fondos Sectoriales.

Secretaría de Economía – Fondo Pyme, Crédito para la Modernización.

## Referencias Bibliográficas

- Certificación LEED. *Catalogoverde* © 2013 IDIEM Investigación, Desarrollo e Innovación de Estructuras y Materiales - FCFM Universidad de Chile. Recuperado de: <http://www.catalogoverde.cl/certificacion-leed-2>.
- Comisión Nacional para el Ahorro de Energía, (2006). *Ahorro de Energía en sistemas HVAC en hoteles*. Recuperado de: <http://www.conae.gob.mx>
- Desarrollo y Administración de Requerimientos (s. f.). En *Mediawiki*. Recuperado de: [http://streaming.uvg.edu.gt/mediawiki/index.php?title=An%C3%A1lisis\\_de\\_Sistemas](http://streaming.uvg.edu.gt/mediawiki/index.php?title=An%C3%A1lisis_de_Sistemas)
- Edwards, J. (2006, 29 de junio). Smart Buildings. *Electronic Design*, 54, 35-39.
- Espinar, P. (2010). *ITIL-Gestión de Continuidad de Servicios TI*. [Mensaje en Blog]. Recuperado de: [http://itil.osiatis.es/Curso\\_ITIL/](http://itil.osiatis.es/Curso_ITIL/)
- Gottesdiener, E. (2008), *Good Practices for Developing User Requirements*, CrosTalk The Journal of Defense Software Engineering, Hill Afb, UT, USA. [versión digital PDF]. Recuperado de: <http://www.crosstalkonline.org>
- Holmberg, D. (2006, agosto). Smart talk. *Fire Chief*, (pp. 54-58). Recuperado el 14 de octubre 2006 de la base de datos business Source Premier.
- Ibañez, J. (2010). *Gestión de Requerimientos I. Definición. Los Stakeholders*. [Mensaje en Blog]. Recuperado de <http://blogs.salleurl.edu/project-management/gestion-de-requerimientos-i-definicion-los-stakeholders/>
- Instituto Mexicano del Edificio Inteligente. (2006). *Edificios Inteligentes*. Recuperado de <http://www.imei.org.mx>
- Junestrand, S., Passaret, X. & Vázquez, D., (2004). *Domótica y Hogar Digital*. Thomson Paraninfo, Madrid, España.
- IT Governance Institute (2001), *Reunión Informativa del Consejo sobre la Gobernabilidad de TI* [versión digital PDF]. Recuperado de [www.itgovernance.org](http://www.itgovernance.org)

Kast, F. E. & Rosenzweig, J. E.(1990), *Administración de las Organizaciones* 4ta Edición, McGraw Hill, México.

Maconi, F. (2013). Una Nueva Tecnología para la Eficiencia Energética. Sistema de Gestión de la Energía Iso 50001:2011. *Infraestructura y Desarrollo en México*. Num (Junio-Julio 2013), p12-13. Recuperado de: <http://revistainfraestructura.com.mx/una-nueva-tecnologia-para-la-eficiencia-energetica-sistema-de-gestion-de-la-energia-iso-500012011/>

Pinedo, A. (2004), *Ficha Teórica No.1: Edificios Inteligentes*, Cátedra Instalaciones Czkowski-Gómez. Facultad de Arquitectura y Urbanismo, Universidad Nacional de la Plata, Argentina. Tomado de: <http://arquinstal03.tripod.com>.

Revista Ingeniería energética (2011), *Aplicaciones Industriales*, Vol. XXXII, No. 1/2011 p43-52. Enero–Marzo ISSN 1815 – 5901. Recuperado de: <http://revistascientificas.cujae.edu.cu>

Robbins, S. (2002), *Fundamentos de Administración*, Prentice Hall, México,

Webb, W. (2006). *Smart Building Systems Coverage*. EDN 51 (17) p33-40.

Project Manager Institute Inc. (2004), *Guía de los Fundamentos de la Dirección de Proyectos* (Guía del PMBOK), tercera edición [versión digital PDF], Newton Square, PA, USA.

Salazar, C. (2011). *Las TIC Como Herramienta a la Gestión Empresarial*. [Mensaje en Blog]. Recuperado de: <http://cibermundos.bligoo.com/content/view/145501/#.UqoTRvRDsYN>

Vilar, J. R. (2008). *El Papel de las TIC en la Empresas del S. XXI*. [Mensaje en Blog]. Recuperado de: <http://www.etutor.com/index.php/component/k2/item/284-not1>

## Anexos

Anexo A.- Instrumento de recolección de datos (Cuestionario) aplicado a las empresas para el diagnóstico y el análisis de requerimientos.

### CUESTIONARIO DIAGNÓSTICO

Encuesta para conocer el nivel de tecnología y automatización de la empresa.  
Se aplica a personal de TI de la organización.

#### **Parte 1. Sobre la organización**

- 1.- Nombre de la empresa o Razón Social.
- 2.- Giro de la empresa
- 3.- Tamaño de la empresa
  - a) Micro (de 1 a 10 empleados)
  - b) Pequeña (de 11 a 25 empleados)
  - c) Mediana (de 26 a 50 empleados)
  - d) Grande (más de 50 empleados)
- 4.- ¿La empresa tiene definidos formalmente, misión visión y objetivos?
- 5.- ¿Conoce el organigrama de la empresa?
- 6.- ¿Cuenta la empresa con un plan estratégico?
- 7.- ¿Ese plan considera los cambios tecnológicos y la participación de TI?
- 8.- ¿Cuentan con un análisis FODA?
- 9.- ¿Tiene usted, como profesional de TI, participación en las decisiones organizacionales?
- 10.- ¿Qué medios de comunicación utilizan generalmente entre los directivos y el área de TI?
  - a) Telefónico
  - b) Correo Electrónico
  - c) Escrito (memos, oficios, etc.)
  - d) Personal
- 11.- ¿Su Organización se preocupa por la innovación y la mejora continua?

#### **Parte 2. Sobre aspectos de Infraestructura de Red.**

- 12.- ¿Cuentan sus instalaciones con una red de telecomunicaciones funcional?
- 13.- ¿La red tiene cableado estructurado?

- 14.- ¿Qué categoría tiene su cableado?
- 15.- ¿Este cableado cuenta con una certificación?
- 16.- ¿Cuántos nodos hay en el edificio?
- 17.- ¿Tienen enlaces privados (VPN) con sucursales?
- 18.- En caso afirmativo, ¿Cuál es el nombre del Carrier?
- 19.- ¿Tienen conexión a Internet?
- 20.- En caso afirmativo, ¿Quién es el ISP?
- 21.- ¿Qué ancho de banda maneja?
- 22.- ¿Disponen los empleados de Internet Inalámbrico?
- 23.- ¿Ofrece a sus clientes (si aplica) este servicio?
- 24.- ¿Cuántos Access Points están instalados?
- 25.- ¿Cuentan con un esquema de seguridad informática (Software y/o Appliance)?

### ***Parte 3. Sistemas de Información y Hardware***

- 26.- ¿Cuántos servidores tiene el edificio?
- 27.- ¿Qué sistema operativo de red utiliza?
- 28.- ¿Cuentan con un ERP?
- 29.- En caso afirmativo, ¿qué módulos utilizan?
- 30.- Los sistemas de Información, ¿son aplicaciones “a la medida”?

### ***Parte 4. Tecnologías del Edificio***

#### ***4.1 Seguridad del inmueble y las personas.***

- 31.- ¿De cuántos niveles es el edificio?
- 32.- ¿El edificio cuenta con sistema de alarmas contra robo e intrusos?
- 33.- ¿Tienen un sistema de control de acceso para empleados y visitantes?
- 34.- Si es así, ¿utilizan tarjetas de aproximación?
- 35.- Los elevadores (si aplica), ¿restringen su uso con control de acceso?

36.- ¿Tiene el edificio un sistema de seguridad contra incendios?

37.- ¿Utilizan un sistema de Video vigilancia (CCTV).?

#### *4.2 Aspectos de Confort para las personas*

38.- ¿Cuentan todas las áreas con la Iluminación adecuada?

39.- ¿Los espacios de trabajo tienen una buena ventilación?

40.- ¿El clima (temperatura/humedad), es comfortable?

#### *4.3 Aspectos de Gestión Energética.*

41.- ¿Cuál es el consumo energético promedio anual del edificio en KWH?

42.- ¿Los tableros y centros de carga cuentan con dispositivos de control?

43.- ¿Complementan el suministro eléctrico con fuentes de energía renovables?

44.- ¿Las luminarias son de alta eficiencia (ahorradoras) en todas las áreas?

45.- ¿Complementan la iluminación con luz natural en áreas estratégicas?

46.- ¿Las lámparas se apagan automáticamente fuera de las horas hábiles?

47.- ¿Los equipos como copadoras, impresoras y computadoras son Energy Star Compliance?

48.- ¿Los aparatos eléctricos como cafeteras, abanicos, calefactores, Radios, TVs, etc., se apagan automáticamente en horarios inhábiles?

49.- ¿El edificio cuenta con sistema de calefacción eléctrico general?

#### *4.4 Aspectos de Administración e Integración de los sistemas del edificio.*

50.- ¿El sistema de video vigilancia permite el monitoreo en tiempo real?

51.- ¿El sistema de alarmas contra robo es monitoreado por un proveedor externo?

52.- ¿Cuando el sistema de alarma detecta un intruso, se activa la grabación del sistema de CCTV?

53.- ¿La tarjeta de aproximación registra la asistencia del empleado en la base de datos de RRHH?

54.- ¿Al ingresar un empleado se enciende la iluminación?

55.- ¿Se programan las horas hábiles para los contactos eléctricos de uso crítico?

56.- ¿Se programan las horas hábiles para el sistema de climatización?

57.- ¿Se notifican los incidentes al departamento de seguridad en tiempo real?

58.- ¿Se pueden obtener reportes históricos de incidentes?

59.- ¿Cuentan con un software que integre todos los sistemas del edificio para su administración?

60.- ¿Se obtienen reportes y gráficos de los consumos eléctricos en tiempo real?

61.- ¿Cuenta con personal capacitado para configurar los servicios del edificio?

Anexo B.- Normas Oficiales Mexicanas.

Norma Oficial Mexicana NOM-007-ENER-2004.- Eficiencia Energética en Sistemas de Alumbrado en Edificios no Residenciales.

Esta Norma Oficial Mexicana tiene por objetivo:

a) Establecer niveles de eficiencia en términos de Densidad de Potencia Eléctrica para Alumbrado (DPEA) que deben cumplir los sistemas de alumbrado de edificios no residenciales nuevos, ampliados y modificaciones de los ya existentes, con el propósito de que sean proyectados y construidos haciendo un uso eficiente de la energía eléctrica, mediante la optimización de diseños y la utilización de equipos y tecnologías que incrementen la eficiencia energética, sin menoscabo de los niveles de iluminación requerida.

b) Establecer el método de cálculo para la determinación de la Densidad de Potencia Eléctrica para Alumbrado (DPEA) de los sistemas de alumbrado de edificios no residenciales nuevo, ampliaciones y modificaciones a los ya existentes con el fin de verificar el cumplimiento de la presente Norma Oficial Mexicana.

El campo de aplicación de esta Norma Oficial Mexicana comprende los sistemas de alumbrado interior y exterior de los edificios no residenciales nuevos con carga total conectada para alumbrado mayor o igual a 3 kW; así como a las ampliaciones y modificaciones de los sistemas de alumbrado interior y exterior con carga conectada de alumbrado mayor o igual a 3 kW de los edificios existentes.

La determinación de la DPEA del sistema de alumbrado de un edificio no residencial nuevo, ampliación o remodelación de alguno ya existente, de los tipo cubiertos por la presente Norma Oficial Mexicana, deben ser calculados a partir de la carga total conectada de alumbrado y el área total por iluminar de acuerdo a la metodología indicada a continuación.

La expresión genérica para el cálculo de la Densidad de Potencia Eléctrica para Alumbrado (DPEA) es:

$$DPEA = \frac{\text{Carga total conectada para alumbrado}}{\text{Area total iluminada}}$$

donde la Densidad de Potencia Eléctrica para Alumbrado (DPEA) está expresada en W/m<sup>2</sup>, la carga total conectada para alumbrado está expresada en watts y el área total iluminada está expresada en m<sup>2</sup>

La Norma Oficial Mexicana completa puede consultarse en:

[http://www.conae.gob.mx/work/sites/CONAE/resources/LocalContent/6933/19/NOM007E\\_NER2004.pdf](http://www.conae.gob.mx/work/sites/CONAE/resources/LocalContent/6933/19/NOM007E_NER2004.pdf)

Norma Oficial Mexicana NOM-030-ENER-2012.- Eficacia luminosa de lámparas de diodos emisores de luz (LED) integradas para iluminación general. Límites y métodos de prueba.

Esta Norma Oficial Mexicana tiene el objetivo de establecer las especificaciones para las lámparas de LED integradas para iluminación general, así como los métodos de prueba aplicables para comprobar las mismas. Asimismo, establece el tipo de información de características técnicas esenciales acordes con el uso destinado, que deben llevar los productos objeto de esta Norma Oficial Mexicana que se comercialicen dentro del territorio de los Estados Unidos Mexicanos y de igual forma, atiende la necesidad de que dichos productos propicien el uso eficiente y el ahorro de energía.

El campo de aplicación de esta Norma Oficial Mexicana incluye a todas las lámparas de LED integradas omnidireccionales y direccionales, que se destinan para iluminación general, en tensiones eléctricas de alimentación de 100 V a 277 V c. a. y 50 Hz o 60 Hz, que se fabriquen o importen para ser comercializadas dentro del territorio de los Estados Unidos Mexicanos.

Excepciones.

Esta Norma Oficial Mexicana no aplica a los productos que se establecen en otra Norma Oficial Mexicana en materia de eficiencia energética, así como a los luminarios de LED y a los módulos de LED, y a las lámparas LED con tensión eléctrica de operación igual o menor a 24 V.

La Norma Oficial Mexicana completa puede consultarse en:

[http://www.conae.gob.mx/work/sites/CONAE/resources/LocalContent/6933/19/NOM030E\\_NER2012.pdf](http://www.conae.gob.mx/work/sites/CONAE/resources/LocalContent/6933/19/NOM030E_NER2012.pdf)

NOM-011-ENER-2006.- Eficiencia energética en acondicionadores de aire tipo central, paquete o dividido. Límites, métodos de prueba y etiquetado.

Esta Norma Oficial Mexicana tiene por objetivo establecer el nivel mínimo de Relación de Eficiencia Energética Estacional (REEE) que deben cumplir los acondicionadores de aire tipo central; especifica además los métodos de prueba que deben usarse para verificar dicho cumplimiento y define los requisitos que se deben de incluir en la etiqueta de información al público.

El campo de aplicación de esta Norma Oficial Mexicana comprende a los acondicionadores de aire tipo central, tipo paquete o tipo dividido, operados con energía

eléctrica, en capacidades nominales de enfriamiento de 8, 800 W hasta 19,050 W que funcionan por compresión mecánica y que incluyen un serpentín evaporador enfriador de aire, un compresor y un serpentín condensador enfriado por aire o por agua, comercializados en los Estados Unidos Mexicanos. Esta norma no incluye métodos de prueba para evaluar la eficiencia de componentes individuales de los equipos.

La Norma Oficial Mexicana completa puede ser consultada en:

[http://www.conae.gob.mx/work/sites/CONAE/resources/LocalContent/6933/19/NOM011E\\_NER2006.pdf](http://www.conae.gob.mx/work/sites/CONAE/resources/LocalContent/6933/19/NOM011E_NER2006.pdf)