

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA: ELÉCTRICA, ELECTRÓNICA,  
INFORMÁTICA Y MECÁNICA**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA ELÉCTRICA**



**TESIS**

---

**“DISEÑO DE LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS, ESPECIALES  
APLICANDO TECNOLOGÍA BIM, AUTOMATIZACIÓN Y AUTOGENERACIÓN  
HÍBRIDA, DE UN HOTEL 5 ESTRELLAS”**

---

***Presentado por:***

*Br. ALBERTH NOA MAYTA*

*Br. OMAR VERGARA OVALLE*

Para optar al título profesional de ingeniero  
electricista

***Asesor:***

ING. NICOLAS RONALD DUEÑAS PONCE DE  
LEÓN

**CUSCO – PERÚ  
2021**

## PRESENTACIÓN

Señor Decano de la Facultad de Ingeniería Eléctrica, Electrónica, Informática y Mecánica, señores miembros del jurado, en cumplimiento a lo dispuesto por el reglamento de grados y títulos de la Escuela Profesional de Ingeniería: Eléctrica, Electrónica, Informática y Mecánica de la Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco, ponemos a vuestra consideración el trabajo de tesis intitulado **“DISEÑO DE LAS INSTALACIONES ELECTRICAS, ESPECIALES APLICANDO TECNOLOGIA BIM, AUTOMATIZACIÓN Y GENERACIÓN HIBRIDA, DE UN HOTEL 5 ESTRELLAS”**, para optar al título profesional de Ingeniero Electricista. En virtud al dictamen favorable de los ingenieros, Edgar Zacarias Alarcón Valdivia y Octavio Cañihua Cayocusi.

El presente trabajo intenta demostrar mediante el diseño de las instalaciones eléctricas y especiales aplicando tecnología BIM, automatización y autogeneración híbrida de un hotel 5 estrellas, las características y prestaciones de estas nuevas tecnologías ya disponibles en nuestro medio, cumpliendo con lo establecido por las normas nacionales e internacionales.

Esperamos que el presente trabajo sirva de base para la realización de futuros trabajos, ya que en su desarrollo se trató tres temas bastos, como son la tecnología BIM, la automatización y la autogeneración, cada uno de los mismos puede abordarse dentro de lo aplicación de nuestra especialidad, de manera independiente en futuros temas de tesis, profundizando de esta manera más en su desarrollo y descubriendo posibles nuevas aplicaciones.

*Los Tesistas*

## DEDICATORIA

*Al Dr. Isaac Velasco Quintanilla "X'ugchi"  
en memoria a su nombre y en retribución a las  
injusticias cometidas contra él por la mala aplicación de  
las leyes de los hombres.*

*Al Cosgornura Daniel Estrada Pérez quien en  
medio de la confusión y desasosiego en la elaboración  
del presente trabajo apareció fulgurante mediante la  
obra de Ángel Arendano dándonos el impulso  
necesario para poder culminar con el trabajo.*

*A los hermanos que dieron su vida por lograr la  
reivindicación de los derechos del campesino sobre los  
terratenedores, lucha que no fue respaldada por la  
justicia ni por el estado peruano por mucho tiempo,  
ejemplo de ello son Saturnino Huillos y el gran*

*Emiliano Huamantla.*

*Alberth Noa Mayta*

*Esta tesis se la dedico a Dios, por haberme  
dado salud y todas las facultades físicas.*

*A mi familia por haberme brindado su apoyo de  
manera permanente a pesar de las circunstancias  
adversas que se pudieron presentar.*

*A las personas que me brindaron su apoyo y su  
confianza, permitiéndome tener poca pero concisa  
experiencia, la cual de alguna manera se verá  
plasmada en el presente trabajo*

*Omar Vergara Ovalle*

## AGRADECIMIENTOS

Queremos comenzar agradeciendo en primer lugar al ser supremo, por habernos dado el existir y permitirnos gozar de todas nuestras facultades y capacidades.

Agradecemos el apoyo imperecedero de nuestras familias que en sus limitaciones trataron de hacer todo lo que estaba a su alcance, para poder cumplir con el objetivo de entregar hombres de bien a la sociedad.

También debemos agradecer el derecho y la responsabilidad que nos confirió nuestro país al darnos la oportunidad de poder habernos educado en una universidad pública, permitiéndonos así, formarnos profesionalmente, para que posteriormente en el desarrollo de nuestra labor profesional podamos revertir todos los conocimientos adquiridos, plasmándolos con ética, honestidad y profesionalismo en el desarrollo y progreso de nuestra ciudad, región y por ende nuestro país.

Debemos agradecer también a nuestro asesor, Ing. Nicolás Ronald Dueñas Ponce de León, por su apoyo y orientación en el desarrollo del presente trabajo.

De igual manera a los amigos y profesionales a los que recurrimos mediante consultas y cuyos consejos y recomendaciones nos sirvieron para la realización de los capítulos comprendidos en el presente trabajo.

Guardamos especial afecto y agradecimiento a todos los profesionales que creyeron en nosotros y nos dieron la oportunidad de poder realizarnos semi profesionalmente en los distintos proyectos y obras que estaban a su cargo, mucha de la experiencia adquirida durante ese tiempo está volcada en el presente trabajo.

Por último y no menos importante a todos los compañeros con los que nos hicimos mutua compañía, ya sea esperando alguna resolución o esperando a algún docente, a lo largo de este camino de realización profesional que significa la tesis, algunos se nos adelantaron (ya se graduaron), otros aún están en camino, pero tenemos la plena seguridad y la fe, que todos seremos buenos profesionales al servicio de nuestra región y país.

*Los Tesistas*



## INTRODUCCIÓN

Nuestro país se encuentra incluido dentro de los considerados en vías de desarrollo, por eso se da el caso que las nuevas tecnologías tardan un poco en llegar, esto en cualquiera de las áreas como importación de artefactos, automóviles, entretenimiento, etc. Si bien es cierto que el internet permite el acceso a la información actual desde cualquier parte del mundo, así mismo importar cualquier cosa de algún lugar de nuestro planeta se hace en cuestión de días, sin embargo el arribo y aceptación de las nuevas tecnologías es un tema un poco más complejo, que enmarca temas económicos y socioculturales.

Uno de los aspectos para este tipo de ralentización tecnológica, es que la sociedad necesita un periodo de adaptación para el uso de una nueva tecnología, un ejemplo claro es lo sucedido con la tecnología led, la cual necesito de un periodo de tiempo para que su uso se haga masivo, hoy en día ya es común ver este tipo de tecnología en artefactos, autos, viviendas, edificios, alumbrado de calles, plazas y parques de nuestra ciudad, es el tiempo también el que permite que los precios de los mismos se hagan accesibles al común de los usuarios, por la ya conocida ley de la oferta y la demanda.

No estamos acostumbrados como cualquier sociedad a los cambios bruscos, y crecimos con la consigna de que si algo dura y funciona por muchos años es lo mejor que puede pasar, esto puede ser verdad hasta cierto punto, las instalaciones eléctricas interiores en edificaciones, son un claro ejemplo, si bien las instalaciones convencionales y sus componentes son funcionales y durables, pero para los tiempos actuales en los que vivimos donde ya se plantean temas de eficiencia energética, automatización, Smart House, Smart City, IoT y TIC, quedando las actuales instalaciones ya obsoletas por más funcionales que puedan ser, las nuevas instalaciones son ya automatizadas e inclusive inteligentes.

Con el desarrollo de la tecnología y la masificación del acceso a internet, se hicieron reales cosas que décadas atrás solo se hubiesen visto en escenas de una película de ciencia ficción, como por ejemplo acceder a internet mediante un teléfono móvil, las video conferencias en tiempo real, los Smart tv, almacenamiento de información ya no en un dispositivo sino en la nube digital, en lo referente a las edificaciones aparecieron sistemas de control automáticos como los sensores de

presencia, cuyo uso hoy en día es ya común, sin embargo al referirnos a la automatización de hogares y negocios se ha avanzado mucho pudiendo ahora controlar y monitorear en tiempo real las instalaciones de nuestra casa o negocio, mediante el uso de sensores, actuadores y un medio que sirva de enlace entre estos, este tipo de tecnología recibió el nombre de domótica e inmotica para el sector vivienda y el terciario respectivamente, la automatización de edificios se basa en cinco áreas fundamentales (Comunicaciones, Gestión Energética, Confort, Accesibilidad, Seguridad).

Es el deber todos los profesionales que se dedican al diseño y ejecución de proyectos de instalaciones eléctricas interiores en edificaciones, desde el sector donde se encuentren, ya sea el público o el privado, dar a conocer e impulsar la implementación de este tipo de tecnología, permitiendo hacer partícipe de las ventajas que estas ofrecen a los propietarios y usuarios de las edificaciones.

A la par el avance tecnológico no solo se ha dado en los dispositivos y conexiones de las instalaciones, sino también en las herramientas de diseño, tal es el ejemplo de la metodología BIM (Building Information Modeling), esta metodología permite el diseño multidisciplinario de edificaciones, manejando el modelado paramétrico de un proyecto, pudiendo encontrar cualquier tipo de interferencias entre especialidades en tiempo real, conllevando a obtener expedientes con un alto grado de exactitud, lo cual ya no implicaría incurrir en costos adicionales durante la ejecución de los mismos.

Por otra parte, el uso ya masivo y los costos accesibles permiten la implementación de sistemas de autogeneración, en este caso planteamos para el hotel un sistema de generación híbrido (Solar - Térmico), esto para menguar en algo la demanda mensual de energía, de esta manera se busca incurrir en menores gastos y se estaría reduciendo también la contaminación por emisión de CO<sub>2</sub> al medio ambiente.

La implementación de la autogeneración se complementa perfectamente con el uso de equipos de alumbrado led y la automatización de las instalaciones, permitiendo obtener un ahorro energético considerable, lo cual evidenciara los beneficios de implementar este tipo de tecnologías.

## RESUMEN

El presente trabajo se centra en el diseño de las instalaciones eléctricas y especiales contemplando la automatización y la autogeneración híbrida, para lo cual se eligió las instalaciones de un hotel 5 estrellas, ya que esta combina las distintas áreas de una edificación, tanto de confort, trabajo y esparcimiento. Para la automatización de las instalaciones eléctricas interiores se escogió el estándar KNX-EIB.

El presente trabajo está estructurado en 05 capítulos, los cuales muestran la concepción del presente trabajo, así como el desarrollo de la aplicación de la tecnología BIM y la automatización, así como la autogeneración híbrida.

### **CAPITULO I: ASPECTOS GENERALES**

En este capítulo se plantea el problema, los objetivos, la justificación, así como los alcances y limitaciones.

### **CAPITULO II: MARCO TEORÍCO**

En este capítulo se desarrollan los antecedentes, las bases teóricas, el marco conceptual y el marco normativo, todo referente a los temas abarcados en la tesis.

### **CAPITULO III: DISEÑO AUTOMATIZADO**

Este capítulo se corresponde al diseño de la automatización de las instalaciones eléctricas y especiales aplicando el estándar KNX-EIB, aplicando normatividad internacional, así como los conceptos de instalación y simbología normalizados.

### **CAPITULO IV: METODOLOGÍA BIM**

En este capítulo se elaboro el modelado de las instalaciones eléctricas y especiales, empleando el software REVIT, todo esto en base al diseño del CAPITULO III, el proceso de diseño de las instalaciones, a través de un modelado virtual, nos permitió identificar las posibles interferencias entre especialidades y con la propuesta arquitectónica, además de permitirnos visualizar la edificación como construida, permitiéndonos realizar las modificaciones que se consideraron pertinente

## **CAPITULO V: AUTOGENERACIÓN HÍBRIDA**

En este capítulo se hizo el planteamiento de un sistema de generación híbrido (solar - Térmico), no a nivel de detalle de diseño, sino más bien al de una propuesta técnico - económica, demostrando que a nivel de costos de producción de energía por kW.h la oferta convencional, aunque más contaminante y menos amigable con el ambiente, resulta aún más económica.

**ÍNDICE**

PRESENTACIÓN ..... 1

DEDICATORIA..... 2

AGRADECIMIENTOS ..... 3

INTRODUCCIÓN ..... 4

INDICE DE FIGURAS ..... 19

INDICE DE TABLAS ..... 20

CAPITULO I ..... 21

ASPECTOS GENERALES ..... 21

1.1 AMBITO GEOGRÁFICO ..... 21

1.1.1 UBICACIÓN ..... 21

1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA ..... 24

1.2.1 EL PROBLEMA..... 25

1.2.2 PROBLEMAS ESPECIFICOS..... 26

1.3 OBJETIVOS ..... 26

1.3.1 OBJETIVO GENERAL ..... 26

1.4 JUSTIFICACIÓN DEL ESTUDIO ..... 26

1.4.1 OBJETIVOS ESPECIFICOS..... 26

1.5 ALCANCES Y LIMITACIONES ..... 27

1.5.1 ALCANCES..... 27

1.5.2 LIMITACIONES..... 27

1.6 FUENTES DE INFORMACIÓN ..... 28

1.6.1 ARQUITECTURA..... 28

1.6.2 AUTOMATIZACIÓN Y KNX ..... 28

1.7 MODELO A ESCALA ..... 28

|  |    |
|--|----|
| 1.8 ALMACENAMIENTO EN LA NUBE Y CODIGOS QR .....   | 29 |
| 1.9 MODELADO 3D Y REALIDAD VIRTUAL “VR” .....      | 29 |
| 1.10 TRABAJO EN LA NUBE DIGITAL .....              | 30 |
| CAPITULO II .....                                  | 31 |
| MARCO TEÓRICO.....                                 | 31 |
| 2.1 ANTECEDENTES.....                              | 31 |
| 2.1.1 ANTECEDENTES INTERNACIONALES .....           | 31 |
| 2.1.2 ANTECEDENTES NACIONALES.....                 | 33 |
| 2.1.3 ANTECEDENTES LOCALES .....                   | 36 |
| 2.2 BASES TEÓRICAS.....                            | 37 |
| 2.2.1 DISEÑO DE LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS ..... | 37 |
| 2.2.2 DISEÑO DE LAS INSTALACIONES ESPECIALES.....  | 37 |
| 2.2.3 AUTOMATIZACIÓN.....                          | 38 |
| A. DOMÓTICA .....                                  | 38 |
| B. INMÓTICA.....                                   | 38 |
| 2.2.4 BIM .....                                    | 39 |
| 2.2.5 AUTOGENERACIÓN HIBRIDA .....                 | 39 |
| 2.3 MARCO CONCEPTUAL .....                         | 40 |
| 2.3.1 INTERESADO O PROPIETARIO .....               | 40 |
| 2.3.2 INGENIERO PROYECTISTA.....                   | 41 |
| 2.3.3 INGENIERO REVISOR DEL PROYECTO.....          | 41 |
| 2.3.4 INGENIERO RESIDENTE .....                    | 41 |
| 2.3.5 INGENIERO SUPERVISOR O INSPECTOR.....        | 41 |
| 2.3.6 FACTIBILIDAD.....                            | 41 |
| 2.3.7 PUNTO DE DISEÑO.....                         | 41 |
| 2.3.8 PUNTO DE ENTREGA.....                        | 42 |

|   |    |
|---|----|
| 2.3.9 SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN.....                          | 42 |
| 2.3.10 SUBSISTEMA DE DISTRIBUCIÓN PRIMARIA.....             | 42 |
| 2.3.11 SUBSISTEMA DE DISTRIBUCIÓN SECUNDARIA .....          | 42 |
| 2.3.12 SISTEMA DE UTILIZACIÓN EN MEDIA TENSIÓN.....         | 42 |
| 2.3.13 SUBESTACIÓN.....                                     | 42 |
| 2.3.14 ACOMETIDA .....                                      | 43 |
| 2.3.15 ALIMENTADORES .....                                  | 43 |
| 2.3.16 TABLEROS.....  | 43 |
| 2.3.17 CIRCUITOS DERIVADOS .....                            | 43 |
| 2.3.18 PUESTA A TIERRA.....                                 | 44 |
| 2.3.19 PARARRAYOS.....                                      | 44 |
| 2.3.20 SISTEMA DE PROTECCIÓN Y CONTROL .....                | 44 |
| 2.3.21 EQUIPO DE PROTECCIÓN CONTRA SOBRECORRIENTES .....    | 44 |
| 2.3.22 EQUIPO DE PROTECCIÓN CONTRA FALLA A TIERRA.....      | 45 |
| 2.3.23 EQUIPO DE PROTECCIÓN CONTRA SOBRETENSIONES.....      | 46 |
| 2.3.24 EVALUACIÓN DE LA DEMANDA .....                       | 47 |
| 2.3.25 CÁLCULO DE ALIMENTADORES Y CIRCUITOS DERIVADOS ..... | 47 |
| 2.3.25.1 CÁLCULO DE CORRIENTES.....                         | 47 |
| 2.3.25.2 CAIDA DE TENSIÓN .....                             | 48 |
| 2.3.25.2.1 ESQUEMA 01:.....                                 | 49 |
| 2.3.25.2.2 ESQUEMA 02:.....                                 | 50 |
| 2.3.25.3 CARGA MÁXIMA DE CIRCUITOS.....                     | 53 |
| 2.3.26 CALCULO ELÉCTRICO .....                              | 53 |
| 2.3.26.1 NUMERO DE SALIDAS DE ALUMBRADO POR CIRCUITO .....  | 54 |
| 2.4 MARCO NORMATIVO .....                                   | 55 |
| 2.4.1 NORMA DGE TERMINOLOGÍA EN ELÉCTRICIDAD .....          | 56 |

|   |    |
|---|----|
| 2.4.2 NORMA DGE SIMBOLOGÍA EN ELECTRICIDAD .....  | 57 |
| 2.4.3 CODIGO NACIONAL DE ELECTRICIDAD SUMINISTRO 2011.....                                  | 57 |
| 2.4.4 CODIGO NACIONAL DE ELECTRICIDAD UTILIZACIÓN 2006.....                                 | 57 |
| 2.4.5 REGLAMENTO NACIONAL DE EDIFICACIONES .....  | 58 |
| 2.4.6 NORMA EM.010 INSTALACIONES ELÉCTRICAS EN EDIFICACIONES ..                             | 60 |
| 2.4.7 NORMA DGE 017-AI-1/1982 .....   | 60 |
| 2.4.8 NORMA TÉCNICA DE METRADOS PARA OBRAS DE EDIFICACIÓN Y<br>HABILITACIONES URBANAS ..... | 61 |
| 2.4.9 NORMAS DEL ESTANDAR KNX .....   | 61 |
| 2.4.10 NORMAS BIM.....  | 61 |
| CAPITULO III .....  | 63 |
| DISEÑO AUTOMATIZADO .....   | 63 |
| 3.1 DE LAS INSTALACIONES CONVECCIONALES A LAS AUTOMATIZADAS ..                              | 63 |
| 3.2 ÁREAS DE APLICACIÓN .....   | 64 |
| 3.2.1 ÁREA DE COMUNICACIONES .....  | 65 |
| 3.2.2 ÁREA DE GESTIÓN ENERGÉTICA.....   | 65 |
| 3.2.3 ÁREA DE CONFORT .....   | 65 |
| 3.2.4 ÁREA DE ACCESIBILIDAD .....   | 66 |
| 3.2.5 ÁREA DE SEGURIDAD .....   | 66 |
| 3.3 ARGUMENTOS DEL SISTEMA KNX .....  | 67 |
| 3.3.1 EL ESTANDAR EIB .....   | 67 |
| 3.3.2 EL ESTANDAR KNX.....  | 67 |
| 3.3.3 TIPOS DE SISTEMAS .....   | 68 |
| 3.3.3.1 SISTEMA CENTRALIZADO.....   | 68 |
| 3.3.3.2 PROTOCOLO ESTANDAR.....   | 68 |
| 3.3.3.3 CABLEADO .....  | 68 |



|   |    |
|---|----|
| 3.3.3.3.1 PAR TRENZADO .....                          | 69 |
| 3.3.3.3.2 ONDAS PORTADORAS .....                      | 69 |
| 3.3.3.3.3 RADIOFRECUENCIA .....                       | 69 |
| 3.3.3.3.4 IP .....                                    | 69 |
| 3.3.3.4 FLEXIBILIDAD .....                            | 69 |
| 3.3.3.5 TOPOLOGÍA .....                               | 69 |
| 3.3.4 TIPOS DE CONFIGURACIÓN .....                    | 69 |
| 3.3.4.1 EASY - MODE (E-MODE) .....                    | 69 |
| 3.3.4.2 AUTOMATIC - MODE (A-MODE) .....               | 70 |
| 3.3.4.3 SYSTEM - MODE (S-MODE) .....                  | 70 |
| 3.3.5 SOFTWARE DE PROGRAMACIÓN .....                  | 70 |
| 3.3.5.1 ETS 5 - TESTER .....                          | 70 |
| 3.3.5.2 ETS 5 - STARTER .....                         | 70 |
| 3.3.5.3 ETS 5 - PROFESSIONAL .....                    | 70 |
| 3.3.6 ESTRUCTURA DEL SISTEMA EIB .....                | 71 |
| 3.3.6.1 LINEAS .....                                  | 71 |
| 3.3.6.2 ZONAS Y ÁREAS .....                           | 72 |
| 3.4 COMPONENTES DEL SISTEMA KNX .....                 | 73 |
| 3.4.1 FUENTES DE ALIMENTACIÓN .....                   | 74 |
| 3.4.2 ACOPLADORES .....                               | 75 |
| 3.4.2.1 ACOPLADORES DE ZONA .....                     | 75 |
| 3.4.2.2 ACOPLADORES DE LINEA .....                    | 75 |
| 3.4.2.3 ACOPLADORES DE AMPLIACIÓN O REPETIDORES ..... | 75 |
| 3.4.3 UNIDAD DE ACOPLAMIENTO AL BUS .....             | 75 |
| 3.4.3.1 EL CONTROLADOR DE ACOPLAMIENTO (CAB) .....    | 76 |
| 3.4.3.1.1 ROM: .....                                  | 76 |
| 3.4.3.1.2 RAM: .....                                  | 76 |

|  |    |
|--|----|
| 3.4.3.1.3 EEPROM: .....                    | 76 |
| 3.4.3.1.4 EL MODULO DE TRANSMISIÓN:.....   | 76 |
| 3.4.4 INTERFAZ FÍSICA EXTERNA (IFE) .....  | 77 |
| 3.4.5 MÓDULO DE COMUNICACIÓN.....          | 78 |
| 3.4.6 BLOQUE DE CONEXIÓN AL BUS .....      | 78 |
| 3.4.7 SENSORES .....                       | 79 |
| 3.4.7.1 PULSADORES .....                   | 79 |
| 3.4.7.2 DETECTORES DE PRESENCIA.....       | 80 |
| 3.4.7.3 ENTRADAS BINARIAS .....            | 80 |
| 3.4.7.4 SENSORES DE LUMINOSIDAD .....      | 81 |
| 3.4.7.5 RELOJES PROGRAMABLES .....         | 82 |
| 3.4.7.6 TERMOSTATOS .....                  | 82 |
| 3.4.8 ACTUADORES .....                     | 82 |
| 3.4.8.1 ACTUADOR BINARIO.....              | 83 |
| 3.4.8.2 ACTUADOR REGULADOR (DIMMER) .....  | 84 |
| 3.4.8.3 MODULO DE ESCENAS.....             | 85 |
| 3.4.8.4 ACTUADORES DE PERSIANAS .....      | 86 |
| 3.4.9 OTROS DISPOSITIVOS .....             | 86 |
| 3.4.9.1 MODULO TELEFÓNICO .....            | 86 |
| 3.4.9.2 INFODISPLAY.....                   | 87 |
| 3.4.10 SIMBOLOGÍA .....                    | 87 |
| 3.5 INSTALACIÓN .....                      | 88 |
| 3.5.1 PRESENTACIÓN DE LOS COMPONENTES..... | 88 |
| 3.5.1.1 MONTAJE EN CARRIL DIN .....        | 88 |
| 3.5.2 PROCESO DE LA INSTALACIÓN.....       | 89 |
| 3.6 PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO .....      | 90 |

|   |     |
|---|-----|
| 3.6.1 EL PROCEDIMIENTO CSMA/CA .....                            | 90  |
| 3.6.2 TELEGRAMAS .....  | 91  |
| 3.6.2.1 CAMPO DE CONTROL .....                                  | 92  |
| 3.6.2.2 DIRECCIÓN DE ORIGEN.....                                | 92  |
| 3.6.2.3 DIRECCIÓN DE DESTINO .....                              | 93  |
| 3.6.2.4 CONTADOR DE RUTA.....                                   | 93  |
| 3.6.2.5 LONGITUD.....   | 93  |
| 3.6.2.6 DATOS UTILES.....                                       | 93  |
| 3.6.2.7 BYTE DE SEGURIDAD .....                                 | 93  |
| 3.7 CONFIGURACIÓN .....   | 93  |
| A. ASIGNACIÓN DE DIRECCIONES.....                               | 94  |
| B. PARAMETRIZACIÓN.....   | 94  |
| C. ASIGNACIÓN DE DIRECCIONES DE GRUPO.....                      | 94  |
| 3.7.1 ASIGNACIÓN DE DIRECCIONES.....                            | 94  |
| 3.7.1.1 ÁREA O ZONA .....                                       | 95  |
| 3.7.1.2 LINEA .....   | 95  |
| 3.7.1.3 COMPONENTE .....  | 95  |
| 3.7.2 PARAMETRIZACIÓN .....                                     | 95  |
| 3.7.3 GRUPOS Y SUBGRUPOS .....                                  | 97  |
| 3.7.4 TRANSMISIÓN Y RECEPCIÓN ENTRE COMPONENTES .....           | 97  |
| 3.8 PROTOCOLOS BIM .....  | 99  |
| 3.8.1 DOCUMENTACIÓN GENERAL.....                                | 99  |
| 3.8.2 RELACIÓN DE DISCIPLINAS (GEN-001) .....                   | 99  |
| 3.8.2.1 ELÉCTRICAS.....   | 99  |
| 3.8.3 RELACIÓN DE ESPECIALIDADES POR DISCIPLINAS (GEN-002)..... | 100 |
| 3.8.3.1 INSTALACIONES ELÉCTRICAS .....                          | 100 |

|                 |   |     |
|-----------------|---|-----|
| 3.8.3.2         | INSTALACIONES DE COMUNICACIÓN Y DATA .....                            | 100 |
| 3.8.3.3         | INSTALACIONES DE SEGURIDAD INTEGRAL.....                              | 100 |
| 3.9             | DISEÑO AUTOMATIZADO DE LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS Y ESPECIALES..... | 100 |
| 3.9.1           | DISEÑO AUTOMATIZADO DE LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS .....             | 101 |
| 3.9.1.1         | DISEÑO DE LOS CIRCUITOS ALIMENTADORES.....                            | 101 |
| 3.9.1.2         | DISEÑO DE LOS CIRCUITOS DE ALUMBRADO .....                            | 101 |
| 3.9.1.3         | DISEÑO DE LOS CIRCUITOS DE TOMACORRIENTES.....                        | 103 |
| 3.9.2           | DISEÑO AUTOMATIZADO DE LAS INSTALACIONES ESPECIALES .....             | 103 |
| 3.9.2.1         | DISEÑO DE LOS CIRCUITOS DE COMUNICACIÓN Y DATA.....                   | 103 |
| 3.9.2.2         | DISEÑO DE LOS CIRCUITOS DE SEGURIDAD INTEGRAL .....                   | 104 |
| 3.9.2.2.1       | BUS DE SEGURIDAD (S-BUS 1) .....                                      | 104 |
| 3.9.2.2.2       | KNX.....  | 105 |
| 3.9.2.2.3       | BUS DE SEGURIDAD (S-BUS 3) .....                                      | 105 |
| CAPITULO IV     | .....   | 106 |
| METODOLOGIA BIM | .....   | 106 |
| 4.1             | GENERALIDADES .....   | 106 |
| 4.2             | BIULDING INFORMATIÓN MODELING (BIM) .....                             | 106 |
| 4.2.1           | ¿QUÉ ES BIM?.....   | 107 |
| 4.2.2           | ¿QUÉ NO ES BIM? .....   | 108 |
| 4.3             | CAMPOS DEL BIM .....  | 108 |
| 4.3.1           | TECNOLOGÍA .....  | 109 |
| 4.3.2           | PROCESOS.....   | 109 |
| 4.3.3           | POLÍTICAS .....   | 109 |
| 4.4             | DIMENSIONES BIM .....   | 111 |
| 4.4.1           | 3D: REPRESENTACIÓN TRIDIMENSIONAL DEL PROYECTO.....                   | 111 |

|   |     |
|---|-----|
| 4.4.24D: PROGRAMACIÓN .....   | 111 |
| 4.4.35D: ANÁLISIS DE COSTOS .....   | 111 |
| 4.4.46D: SOSTENIBILIDAD.....  | 112 |
| 4.4.57D: LA GESTIÓN DEL CICLO DE VIDA.....                                  | 112 |
| 4.5 LEVEL OF DEVELOPMENT (LOD) .....  | 112 |
| 4.6 ETAPAS DE MADURACIÓN BIM .....  | 113 |
| 4.6.1 PRE - BIM.....  | 114 |
| 4.6.2 ETAPA BIM 1 (MODELAMIENTO BASADO EN EL OBJETO).....                   | 114 |
| 4.6.3 ETAPA BIM 2 (MODELAMIENTO BASADA EN EL MODELO) .....                  | 114 |
| 4.6.4 ETAPA BIM 3 (INTEGRACIÓN BASADA EN REDES).....                        | 115 |
| 4.6.5 ENTREGA DE PROYECTOS INTEGRADA (IPD) .....                            | 115 |
| 4.7 VIRTUAL DESING AND CONSTRUCTION (VDC).....                              | 116 |
| 4.8 CONCEPTO VDC/BIM.....   | 117 |
| 4.9 APLICACIONES DE BIM/VDC A LO LARGO DEL CICLO DE VIDA DEL PROYECTO ..... | 118 |
| 4.9.1 BIM DURANTE LA ETAPA DE DISEÑO .....                                  | 119 |
| 4.9.1.1 VISUALIZACIÓN.....  | 119 |
| 4.9.1.2 PARTICIPACIÓN TEMPRANA DE LOS INVOLUCRADOS EN EL PROYECTO .....     | 119 |
| 4.9.1.3 MANTENIMIENTO DE LA INFORMACIÓN Y LA INTEGRIDAD DEL DISEÑO .....    | 119 |
| 4.9.1.4 DETECCIÓN DE INCOMPATIBILIDADES .....                               | 120 |
| 4.9.1.5 ESTIMACIÓN DE COSTOS.....   | 120 |
| 4.9.1.6 SIMULACIÓN Y ANALISIS DEL PRODUCTO .....                            | 120 |
| 4.9.2 BIM DURANTE LA ETAPA DE CONSTRUCCIÓN .....                            | 120 |
| 4.9.2.1 ESTIMACIÓN DE LA CANTIDAD DE MATERIALES .....                       | 120 |
| 4.9.2.2 DETECCIÓN DE CONFLICTOS.....  | 121 |
| 4.9.2.3 VISUALIZACIÓN.....  | 121 |

|  |     |
|--|-----|
| 4.9.2.4 SIMULACIÓN 4D .....  | 122 |
| 4.10 BIM EN EL MUNDO.....  | 122 |
| 4.10.1 BIM EN AMERICA DEL NORTE.....                                 | 123 |
| 4.10.2 BIM EN SUDAMÉRICA.....  | 124 |
| 4.10.3 BIM EN ASIA .....   | 124 |
| 4.10.4 BIM EN EUROPA .....   | 125 |
| 4.11 BIM EN EL PERÚ .....  | 126 |
| 4.11.1 PLAN BIM PERÚ .....   | 126 |
| 4.11.2 COMITÉ BIM .....  | 128 |
| 4.11.2.1 HITOS DE IMPLEMENTACIÓN BIM .....                           | 129 |
| 4.11.2.2 ROLES BIM.....  | 130 |
| 4.12 ANTECEDENTES DEL BIM.....                                       | 130 |
| 4.12.1 BIM EN PERÚ .....   | 130 |
| 4.13 PRINCIPALES PROBLEMAS EN EDIFICACIONES .....                    | 131 |
| 4.13.1 PROBLEMAS EN LA ETAPA DE DISEÑO.....                          | 131 |
| 4.13.2 PROBLEMAS EN LA ETAPA DE COORDINACIÓN .....                   | 132 |
| 4.13.3 PROBLEMAS DE DOCUMENTACIÓN, INFORMACIÓN Y COMUNICACIÓN<br>135 |     |
| 4.14 BIM VERSUS CAD .....  | 135 |
| 4.14.1 FLUJO DE TRABAJO CON CAD .....                                | 136 |
| 4.14.2 FLUJO DE TRABAJO CON BIM.....                                 | 136 |
| 4.15 APLICACIÓN AL DISEÑO DE UN HOTEL 5 ESTRELLAS .....              | 137 |
| 4.15.1 METODOLOGÍA TRADICIONAL .....                                 | 137 |
| 4.15.2 METODOLOGÍA BIM.....  | 138 |
| 4.16 HERRAMIENTAS BIM .....  | 138 |
| 4.16.1 AUTODESK REVIT 2021.....                                      | 138 |

|  |     |
|--|-----|
| 4.16.2 ArchiCAD 24 .....                                     | 139 |
| CAPITULO V .....   | 140 |
| AUTOGENERACIÓN HÍBRIDA.....                                  | 140 |
| 5.1 SISTEMAS HÍBRIDOS.....                                   | 140 |
| 5.1.1 SISTEMA HÍBRIDO AUTÓNOMO .....                         | 141 |
| 5.1.2 SISTEMA HÍBRIDO CONECTADO A LA RED ELÉCTRICA .....     | 142 |
| 5.1.2.1 ASPECTOS A TENER EN CUENTA.....                      | 142 |
| 5.1.2.2 NORMATIVIDAD Y MARCO LEGAL NACIONAL.....             | 143 |
| 5.1.2.3 IDENTIFICACIÓN DE BARRERAS Y LIMITACIONES.....       | 146 |
| 5.1.2.3.1 BARRERAS TECNOLÓGICAS .....                        | 146 |
| 5.1.2.3.2 BARRERAS EN EL MERCADO.....                        | 146 |
| 5.1.2.3.3 BARRERAS POLÍTICAS .....                           | 147 |
| 5.2 CÁLCULO DE LA DEMANDA DE ENERGÍA.....                    | 147 |
| 5.2.1 EVALUACIÓN DE LA DEMANDA.....                          | 147 |
| 5.3 EVALUACIÓN DEL RECURSO ENERGÉTICO .....                  | 148 |
| 5.3.1 EVALUACIÓN DEL RECURSO SOLAR.....                      | 148 |
| 5.3.2 EVALUACIÓN DEL GAS LIQUCADO DE PETROLEO GLP .....      | 150 |
| 5.4 COMPONENTES Y DIMENSIONAMIENTO DEL SISTEMA HÍBRIDO ..... | 153 |
| 5.4.1 PANELES FOTOVOLTÁICOS .....                            | 153 |
| 5.4.1.1 PARAMETROS CARÁCTERÍSTICOS.....                      | 153 |
| 5.4.2 GENERADOR ELÉCTRICO A GAS .....                        | 154 |
| 5.5 CÁLCULO DE AUTOGENERACIÓN HIBRIDA:.....                  | 154 |
| CONCLUSIONES.....  | 157 |
| RECOMENDACIONES .....  | 158 |
| GLOSARIO.....  | 159 |

## INDICE DE FIGURAS

|  |     |
|--|-----|
| Figura N° 1: Mapa político de la provincia de CUSCO .....                              | 21  |
| Figura N° 2: Plano de Ubicación, Localización y Perimétrico .....                      | 22  |
| Figura N° 3: Plano de Cortes Bloque I y Bloque II.....                                 | 23  |
| Figura N° 4: Ciclo de vida de un proyecto con BIM .....                                | 30  |
| Figura N° 5: Ciclo de vida de un proyecto con BIM .....                                | 30  |
| Figura N° 6: Esquema del interior de una unidad de acoplamiento al bus (CBU) .....     | 77  |
| Figura N° 7: Esquema control de salidas de alumbrado .....                             | 102 |
| Figura N° 8: Actuador dimmer .....   | 102 |
| Figura N° 9: Sistema de seguridad integral KNX.....                                    | 104 |
| Figura N° 10: Cambios en el modelo BIM (EN 2D Y 3D) .....                              | 108 |
| Figura N° 11: Campos entrelazados de la actividad BIM .....                            | 109 |
| Figura N° 12: Dimensiones BIM .....  | 112 |
| Figura N° 13: Madurez BIM dividida en etapas .....                                     | 116 |
| Figura N° 14: Países con normativa o regulación BIM .....                              | 123 |
| Figura N° 15: Hitos de implementación de BIM en el PERÚ .....                          | 130 |
| Figura N° 16: Roles BIM.....   | 130 |
| Figura N° 17: Roles BIM.....   | 132 |
| Figura N° 18: Reuniones ICE .....  | 133 |
| Figura N° 19: Detección de interferencias .....  | 134 |
| Figura N° 20: Reporte de detección de interferencias .....                             | 134 |
| Figura N° 21: Planos elaborados en AutoCAD .....                                       | 138 |
| Figura N° 22: Sistema híbrido autónomo (Ejemplo antena de Telecomunicaciones)<br>..... | 142 |
| Figura N° 23: Sistema híbrido conectado a la red .....                                 | 142 |
| Figura N° 24: Mapa solar del PERÚ .....  | 149 |
| Figura N° 25: Mapa solar del CUSCO .....   | 150 |



**INDICE DE TABLAS**

Tabla N° 1: Descripción de niveles Bloque I ..... 27

Tabla N° 2: Evaluación de la demanda ..... 47

Tabla N° 3: Estructura norma DGE / Terminología en electricidad ..... 56

Tabla N° 4: Estructura norma DGE / Simbología en electricidad ..... 57

Tabla N° 5: Secciones y partes del CNE-S 2011 ..... 57

Tabla N° 6: Secciones generales del CNE-U 2006 ..... 58

Tabla N° 7: Instalaciones eléctricas y mecánicas del RNE ..... 59

Tabla N° 8: EM.010 / Instalaciones eléctricas interiores del RNE ..... 60

Tabla N° 9: Norma DGE 017-A-1/1982 ..... 60

Tabla N° 10: Áreas de aplicación para los distintos medios de transmisión..... 69

Tabla N° 11: Los tipos más importantes de IFE ..... 78

Tabla N° 12: Longitudes máximas de tendido de cable de BUS ..... 90

Tabla N° 13: Asignación de acopladores ..... 96

Tabla N° 14: Documentación general..... 99

Tabla N° 15: Campos de actividad BIM..... 110

Tabla N° 16: Nivel de desarrollo (LOD) ..... 113

Tabla N° 17: Aplicaciones BIM/VDC en un proyecto..... 119

Tabla N° 18: Máxima Demanda TG-1 ..... 148

## CAPITULO I

### ASPECTOS GENERALES

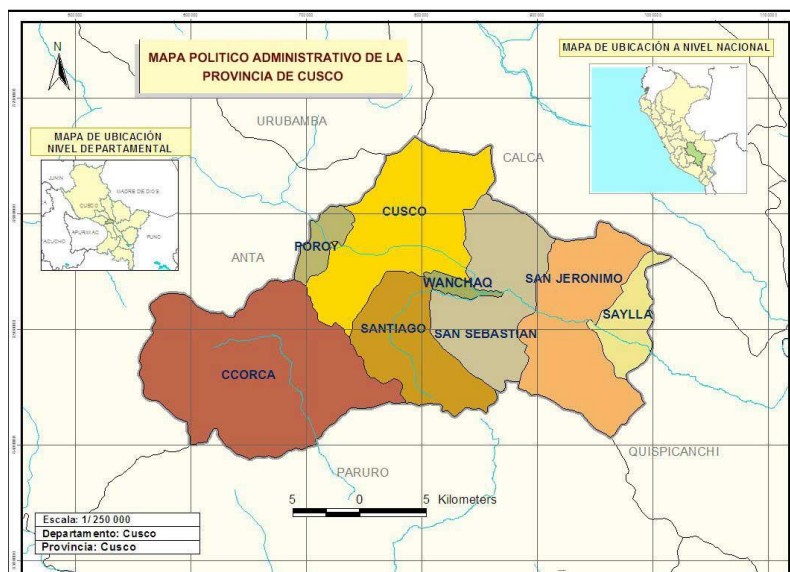
#### 1.1 AMBITO GEOGRÁFICO

##### 1.1.1 UBICACIÓN

La ciudad del Cusco, es la capital del departamento del mismo nombre, el cual tiene una extensión de 71,986.50 km<sup>2</sup>, que representan el 5.9% del territorio peruano y está ubicado en la zona sur este del Perú, en la vertiente oriental de la cordillera de los andes limitando con los siguientes departamentos: por el norte con las selvas de los departamentos de Junín y Ucayali, por el sur con los departamentos de Arequipa y Puno, por el este con el gran llano amazónico de Madre de Dios y por el oeste con la sierra de Apurímac y selva de Ayacucho.

La ciudad del Cusco se ubica en la cuenca del río Huatanay a 3399 m.s.n.m cuenta con una población de 427.580 habitantes, con una densidad poblacional de 693 hab/km<sup>2</sup>, y un aproximado de 100,000.00 viviendas.

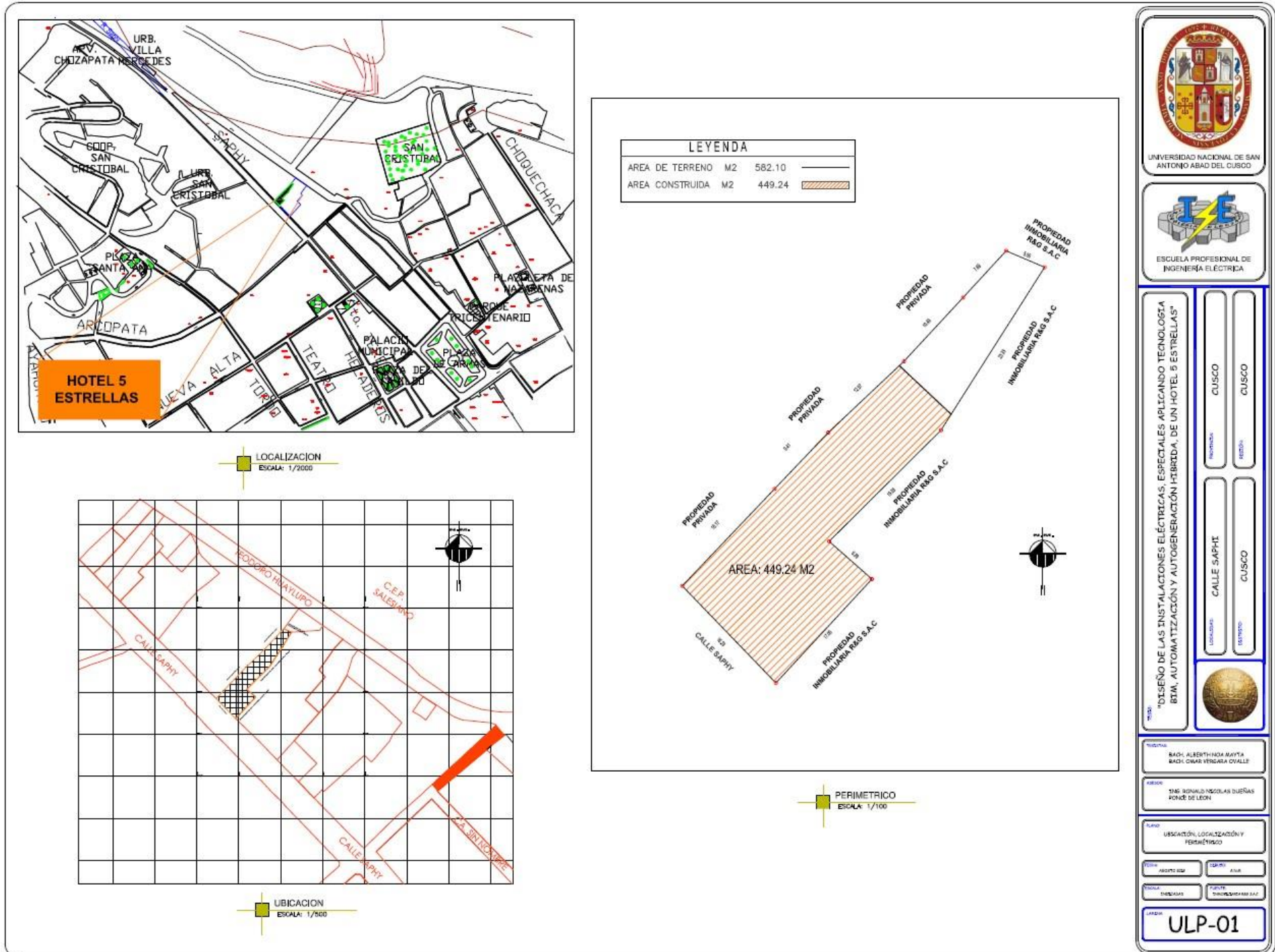
**Figura N° 1:** Mapa político de la provincia de CUSCO



**Fuente:** <https://map-peru.com/es/mapas/ficha-los-districtos-de-la-provincia-de-cusco>

El hotel 5 estrellas de la línea FOUR POINTS BY SHERATON se encuentra ubicado en la zona nor oeste de la ciudad del cusco, el mismo que contará con dos bloques, el primero con dos sótanos y cuatro niveles con salida a la calle Saphi N° 647 y el segundo con siete niveles y con salida a la calle Don Bosco S/N.

Figura N° 2: Plano de Ubicación, Localización y Perimétrico






Fuente: Inmobiliaria R&G S.A.C

Figura N° 3: Plano de Cortes Bloque I y Bloque II



CORTE 1-1  
ESC. : S/E

|   |                               |
|---|-------------------------------|
| <br>UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONJO ABAD DEL CUSCO               |                               |
| <br>ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA ELÉCTRICA                      |                               |
| TÍTULO: "DISEÑO DE LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS, ESPECIALES APLICANDO TECNOLOGÍA BIM, AUTOMATIZACIÓN Y AUTOGENERACIÓN HÍBRIDA, DE UN HOTEL 5 ESTRELLAS" |                               |
| LOCALIDAD: CALLE SAPHI  | REGION: CUSCO                 |
| INSTITUTO: CUSCO  | INSTITUTO: CUSCO              |
|    |                               |
| PROFESOR: BACH. ALBERTHADA MAYTA BACH. OMAR VENGARA CUALLE  |                               |
| ASISTENTE: TAC. RONALDO NEGOLAS DUEÑAS PUNCE DE LEON  |                               |
| TÍTULO: CORTES L - 1  |                               |
| DISEÑADO POR: ARQ. FAYO   | DISEÑADO POR: ARQ. FAYO       |
| ESCUELA: IN   | ESCUELA: INGENIERÍA ELÉCTRICA |
| <b>AR-15</b>  |                               |



## 1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Para la ejecución de una obra de edificación, ya sea esta de carácter público, privado o público - privado, es necesario contar con un expediente técnico, el cual es un documento de carácter técnico - económico que permite la adecuada ejecución de la obra.

La elaboración de un expediente técnico debe de ser de carácter exclusivo y multidisciplinario, esto actualmente no se cumple, y muchas veces es ya en la etapa de ejecución donde se evidencian las deficiencias de los expedientes técnicos siendo estas causales de ampliación presupuestal y de plazo.

En nuestra región la elaboración de los expedientes se hace de una manera informal, ya que son muchos los casos en los que cada especialidad elabora sus diseños de forma independiente, sin coordinación alguna entre estas, esto tiene mayor recurrencia en los proyectos que se hacen por servicio (de manera externa) para alguna entidad, siendo en la etapa final, ya para la entrega del expediente, donde se juntan todas las propuestas de las diferentes especialidades, las cuales muchas veces no son compatibilizadas más allá del presupuesto.

Por otra parte, los encargados de las instalaciones eléctricas y especiales siguen considerando en su diseño los dispositivos clásicos (interruptores, salidas de luz, tomacorrientes, conductores eléctricos, etc.) y los mismos medios de conexión, así mismo, son contadas las propuestas de autogeneración que se planteen dentro de un proyecto de edificación, existiendo recursos renovables a disposición, por lo que, en las edificaciones proyectadas y ejecutadas, no se puede lograr un nivel de eficiencia energética adecuado o mínimamente aceptable.

La implementación de la tecnología BIM (Building Information Modeling) en el desarrollo de proyectos de edificación, tiene como fin optimizar el diseño y ejecución de la obra, propiciando el trabajo colaborativo y concurrente de las partes interesadas, lo cual permite detectar posibles interferencias (clash detection) entre especialidades.

Desde el 2019 como parte del plan nacional de competitividad y productividad, se emitió el D.S N° 288-2019-EF y la R.M N° 242-2019-VIVIENDA, los cuales tiene como objetivo ***“dotar al país de infraestructura económicamente y social de***

**calidad**”, implementando la metodología BIM en la formulación, evaluación, ejecución y funcionamiento de los proyectos de inversión.

El diseño de las instalaciones eléctricas y especiales, se hará buscando que estos sean automatizados, teniendo en cuenta conceptos sobre domótica e inmotica, buscando hacer más confortables las edificaciones, integrando sistemas como seguridad, confort, gestión energética y comunicaciones, además de estar abierta a muchas otras posibilidades.

Existen muchos sistemas para implementar la automatización en edificaciones, en el presente trabajo emplearemos el sistema KNX el cual es un protocolo de comunicación entre dispositivos de modo que estos se puedan entender entre sí, para llevar a cabo la programación prevista según la terea que se requiera realizar.

La masificación del uso de paneles solares, hizo que el costo de este tipo de tecnología sea más accesible, haciendo que su implementación se haga rentable en el tiempo, de igual manera y como una oferta atractiva, las reservas de gas encontradas en nuestra región y la promesa de una pronta comercialización por parte del estado, hace considerarla como una fuente de generación eléctrica.

Con el presente trabajo lo que se pretende es elaborar el diseño de las instalaciones eléctricas y especiales, con el uso de un software BIM, en este caso el Revit Autodesk, el diseño se hará implementando la automatización tanto en las instalaciones eléctricas como en las especiales, para lo cual se ha escogido como caso aplicativo los ambientes más representativos del hotel 5 estrellas FOUR POINTS BY SHERATON, en los que se hará el diseño puntual de las instalaciones.

Con respecto a la autogeneración hibrida, se ha escogió como fuentes la eólica y la térmica, la magnitud de este diseño se hará solo al nivel de determinar la potencia generada por esta alternativa y comprobando si el precio kw.h es rentable en comparación con el ofertado por la empresa concesionaria Electro Sur Este S.A.A.

### **1.2.1 EL PROBLEMA**

Elaborar el diseño de las instalaciones eléctricas y especiales aplicando tecnología BIM, automatización y autogeneración hibrida de un hotel 5 estrellas.

## **1.2.2 PROBLEMAS ESPECIFICOS**

1. ¿Cómo se aplica la tecnología BIM en el diseño de las instalaciones eléctricas y especiales de un hotel 5 estrellas?
2. ¿Cómo se aplica la automatización en el diseño de las instalaciones eléctricas y especiales de un hotel 5 estrellas?
3. ¿Es rentable el costo kW.h producido por la autogeneración híbrida en un hotel 5 estrellas?

## **1.3 OBJETIVOS**

### **1.3.1 OBJETIVO GENERAL**

Demostrar con el diseño de las instalaciones eléctricas y especiales aplicando tecnología BIM, automatización y autogeneración híbrida de un hotel 5 estrellas, las características y prestaciones de estas nuevas tecnologías ya disponibles en nuestro país.

### **1.4 JUSTIFICACIÓN DEL ESTUDIO**

La actual línea de elaboración de los expedientes técnicos de las especialidades de instalaciones eléctricas y sistemas especiales en los proyectos de edificaciones de nuestra región, no contemplan algún tipo de innovación tanto en las herramientas de diseño como en el planteamiento de las mismas instalaciones, por lo que es recurrente incurrir en prestaciones adicionales en la etapa de ejecución, por lo que se propone una nueva línea de diseño empleando tecnología BIM haciendo uso del software REVIT de Autodesk, así como la automatización de las instalaciones eléctricas y especiales mediante el estándar KNX-EIB.

#### **1.4.1 OBJETIVOS ESPECIFICOS**

1. Realizar la aplicación de la tecnología BIM en el diseño de las instalaciones eléctricas y especiales de un hotel 5 estrellas.
2. Realizar la aplicación de la automatización en el diseño de las instalaciones eléctricas y especiales de un hotel 5 estrellas.
3. Demostrar si es rentable el costo kW.h producido por la autogeneración híbrida en un hotel 5 estrellas.

## 1.5 ALCANCES Y LIMITACIONES

### 1.5.1 ALCANCES

- La implementación de la tecnología BIM y automatización de las instalaciones eléctricas y especiales se harán sobre el proyecto arquitectónico del segundo sótano del Bloque I, del hotel 5 estrellas FOUR POINTS BY SHERATON.

**Tabla N° 1:** Descripción de niveles Bloque I

| BLOQUE I_SAPHI |   |
|----------------|---|
| NIVEL          | DESCRIPCIÓN   |
| 2DO SOTANO     | Estacionamiento, oficinas administrativas, oficinas de ingeniería, cuarto de servidores, central telefónica, talleres de mantenimiento y SS.HH. |

**Fuente:** Elaboración propia

- En el diseño de las instalaciones eléctricas y especiales se utilizó un software que contemple la metodología BIM, siendo el elegido el Autodesk Revit 2022.
- La automatización de las instalaciones eléctricas y especiales se hizo mediante el estándar KNX, y las conexiones a través del medio físico de transmisión denominado par trenzado PL (Power Line).
- El desarrollo de la autogeneración híbrida se hizo centrándose específicamente en la obtención la potencia generada, logrando de esta manera obtener el precio por kW.h generado y compararlo precio kW.h del concesionario, demostrando así la rentabilidad de la autogeneración.
- Este trabajo es de contenido académico, y lo que se busca es la aplicación de los temas planteados, cuando se inscribo el temario no existían las irregularidades y afectaciones al patrimonio que hoy se conocen con respecto al proyecto del hotel Saphi.

### 1.5.2 LIMITACIONES

- Si bien es cierto el software REVIT MEP permite realizar cálculo lumínico, obteniéndose el valor de la iluminación media ( $E_m$ ), mas no brinda otros parámetros como UGR y  $U_0$ , los cuales son exigidos por la RM N°083-2019-VIVIENDA.
- El software REVIT 2022 de Autodesk, solo permite el diseño eléctrico convencional, no pudiéndose implementar en el software el diseño las



instalaciones automatizadas bajo el estándar KNX y el medio físico par trenzado PL.

- El estándar KNX, establece que una vez instalados los equipos (actuadores, sensores, controladores, etc.) estos tienen que ser programados, existiendo para ello un software denominado ETS (Engineering Tool Software o herramienta de software de ingeniería en español), actualmente en su versión 5, el cual asigna las direcciones y tareas a cumplir a cada dispositivo, en el presente trabajo no se hará la programación ya que esta correspondería plenamente a la etapa final de la implementación del proyecto de instalaciones eléctricas y especiales, además este software no es gratuito y requiere de un pago por la licencia de su uso para la programación de por encima de 5 componentes.

## **1.6 FUENTES DE INFORMACIÓN**

La información para la elaboración del presente trabajo fue recabada de la siguiente manera:

### **1.6.1 ARQUITECTURA**

Los planos arquitectónicos sobre los cuales se realizó el diseño fueron tomados del proyecto presentado por la constructora R&G S.A.C ante la municipalidad provincial del CUSCO.

Tenemos a bien aclarar que este trabajo no tiene similitud alguna sobre el proyecto de instalaciones eléctricas presentado por la constructora y aprobado por el especialista delegado del capítulo de ingeniería eléctrica del colegio de ingenieros del Perú sede Cusco y a su vez confórmate de la comisión técnica de la Municipalidad Provincial del Cusco.

### **1.6.2 AUTOMATIZACIÓN Y KNX**

La información sobre este tema se recabo de páginas de internet, libros, manuales, catálogos de fabricantes y el material del curso dictado por Legrand Perú para la certificación como KNX Partner.

## **1.7 MODELO A ESCALA**

Como parte del desarrollo del presente trabajo se elaboró una maqueta virtual de la propuesta arquitectónica del segundo sótano del Bloque I, contemplando cada

uno de los niveles descritos en la Tabla N° 1, con lo que se pretende demostrar los beneficios del uso de la metodología VDC (virtual desing construction) en la etapa de diseño de un proyecto.

### **1.8 ALMACENAMIENTO EN LA NUBE Y CODIGOS QR**

Actualmente aún sigue siendo habitual en entidades públicas y privadas, acompañar al expediente técnico físico con un respaldo óptico como “CD” o “DVD” conteniendo la información digital del proyecto en formato original (editable) y en PDF.

Hoy con la digitalización de la información y en marco del DL N°1412 *DECRETO LEGISLATIVO QUE APLICA LA LEY DE GOBIERNO DIGITAL*, existen alternativas de almacenamiento para cualquier tipo de archivo en la nube digital, como por ejemplo BROPBOX, ONE DRIVE, BOX, DRIVE, TERA BYTE, MEGA, MEDIAFIRE, etc., dejando de lado los medios físicos de almacenamiento como USB, CD, DVD, DISCOS EXTERNOS, etc.

De igual manera el masivo uso de dispositivos móviles como celulares y tables, actualmente es muy difícil encontrar a algún profesional que no cuente con alguno de estos equipos, nos permiten acceder y compartir nuestra información almacenada en la nube desde cualquier lugar y circunstancia, nosotros emplearemos códigos QR en el rotulo de los planos para compartir información relevante del proyecto.

En el presente trabajo de tesis se propone la implementación una metodología de almacenamiento y difusión de la información concerniente a un expediente técnico basado en el diseño y construcción virtual “VDC”, mediante códigos QR y enlaces URL.

### **1.9 MODELADO 3D Y REALIDAD VIRTUAL “VR”**

Una de las ventajas de realizar el modelamiento del proyecto en un programa con plataforma BIM, es que al tener el modelado realizado en REVIT Autodesk 2022, este se puede subir a la plataforma gratuita de Autodesk Viewer y poder verla en 3D e incluso poder interactuar con el modelado.

Así mismo mediante aplicaciones como AUGIN el modelado virtual del proyecto se puede llevar a una vista de realidad virtual, pudiendo incluso hacer recorridos virtuales del proyecto tal como está diseñado.

Por lo cual también en el presente trabajo se propone la implementación de una metodología para el uso de estas herramientas en proyectos de instalaciones eléctricas en edificaciones.

#### **1.10 TRABAJO EN LA NUBE DIGITAL**

Si bien es cierto, ahora la oferta de softwares que trabajan bajo plataforma BIM es amplia, se ha visto y así mismo lo estipula el plan, que todos los profesionales trabajen en una plataforma con un esquema colaborativo, debiendo ser este en tiempo real, por lo cual muchos de los creadores de softwares ofertan el uso de una nube exclusiva para el trabajo colaborativo, la cual está diseñada para exclusivamente para este fin, el único inconveniente es que son de pago.

Por lo descrito líneas arriba se va visto conveniente, debido a la oferta existente de diversas herramientas de almacenamiento digital gratuitas hasta cierta cantidad de gigabytes, implementar un sistema almacenamiento en la nube de manera gratuita para el trabajo colaborativo.

## CAPITULO II

### MARCO TEÓRICO

#### 2.1 ANTECEDENTES

Para el desarrollo del presente capítulo se hizo la compilación previa de los tres temas sobre los cuales se desarrollará el presente trabajo (Tecnología BIM, automatización y autogeneración).

Hoy es ya usual ver la oferta de edificios automatizados en nuestro país, los cursos y capacitaciones (presenciales y virtuales) también son populares por redes sociales, pero al indagar sobre información técnica del tema en los inicios de la elaboración del presente trabajo, allá por el año 2015 para ser específicos, no se encontraba nada relevante en cuanto al aspecto técnico se refiere, al retomar la realización del mismo este año se pudo constatar la existía de información, no tan precisa como se buscaba, pero válida para la realización del presente trabajo, a continuación se da un pequeño resumen de cada uno de los antecedentes tomados como referencia para el presente para trabajo.

##### 2.1.1 ANTECEDENTES INTERNACIONALES

Ing. María Victoria Floréz Dominguez y Ing. Claudia Lucía García Murillo, Pontifica Universidad Javeriana, Facultad de Ingeniería, Maestría en Ingeniería Civil, con su trabajo de investigación, **“PROPUESTA DE UN ESTÁNDAR PARA LA IMPLEMENTAR LA METODOLOGÍA BIM EN OBRAS DE EDIFICACIÓN FINANCIADAS CON RECURSOS PÚBLICOS EN COLOMBIA”**, del año 2018, en el que se llegó a las siguientes conclusiones principales:

- Los criterios fundamentales de diseño es indudablemente garantizar la seguridad tanto de la vida humana como de los bienes y el cumplimiento de la normatividad vigente, también contribuye a potenciar el comercio y facilitar la comunicación. En realidad, las normas están tan íntimamente ligadas a nuestras vidas, que ni siquiera nos damos cuenta de que existen, hasta que sucede algo que demuestra lo importante que son realmente.

Angela María Herrera Patiño, Universidad Tecnológica de Pereira, Programa de Ingeniería Electrónica, con su trabajo de investigación, **“DISEÑO DE UNA METODOLOGÍA PARA LA NORMATIVIDAD DE SISTEMAS DOMÓTICOS PARA VIVIENDAS Y EDIFICACIONES”**, del año 2016, en el que se llegó a las siguientes conclusiones principales:

- La Domótica es un campo muy grande y con gran futuro a nivel mundial, en otros países diferentes a Colombia, este es un tema ya muy popularizado y debido a ello es enorme avance de la normatividad vigente y el número de empresas que se dedican a desarrollar y fabricar equipos de este tipo. Además, la mayoría de dichas empresas se dedican exclusivamente a este campo, lo que asegura su constante avance y adaptación a los nuevos requerimientos que presente el mercado.
- Los criterios fundamentales de diseño es indudablemente garantizar la seguridad tanto de la vida humana como de los bienes y el cumplimiento de la normatividad vigente, también contribuye a potenciar el comercio y facilitar la comunicación. En realidad, las normas están tan íntimamente ligadas a nuestras vidas, que ni siquiera nos damos cuenta de que existen, hasta que sucede algo que demuestra lo importante que son realmente.
- La domótica se encuentra sumergida en un desarrollo continuo, la tarea de normalización en este sector no ha hecho más que comenzar y existen diversas iniciativas que esperan ver la luz en los próximos años. Se ansía que estas normas faciliten la interoperabilidad entre sistemas y, sobre todo, ayuden a extender la información necesaria entre todos los agentes implicados para que el sector vaya estableciéndose con seguridad.

Miguel Milton Chuqui Quinteros, Universidad Politécnica Salesiana, Carrera de Ingeniería Eléctrica, con su trabajo de investigación, **“ANÁLISIS DE GENERACIÓN DISTRIBUIDA EN HOGARES Y EDIFICACIONES”**, del año 2014, llegando a las siguientes conclusiones principales:

- Las definiciones de GD varían de país a país, dependiendo sus necesidades y características. Existen variaciones en cuanto a tamaño, fuentes y niveles de voltaje. Sin embargo, existe uniformidad en cuanto al sitio, ya que se

específica que se encuentra en el lugar de consumo o muy cerca del lugar de despacho de energía eléctrica.

- La GD es hoy en día una realidad, que ocupa una mayor proporción dentro de la generación en los sistemas de potencia a nivel mundial. La causa de ello son sus beneficios, puesto que se logra una considerable disminución en los costos de la energía, disminución de las pérdidas en los sistemas de distribución, pero además mejoran la confiabilidad y calidad del servicio; y con fuentes de energía renovables se logra una disminución en las emisiones de gases contaminantes.
- La selección de un tipo de tecnología para implementarse en un sistema de GD depende de muchos factores, incluyendo la cantidad de energía necesaria, el ciclo de trabajo, las limitaciones de espacio, las diferentes regulaciones la disponibilidad del combustible, precios de los servicios y los problemas de interconexión.
- El análisis realizado demuestra la viabilidad y rentabilidad que supone la implementación de paneles solares fotovoltaicos conectados a la red, orientado principalmente a satisfacer una demanda residencial. Los diferentes cálculos muestran parámetros analizados y definidos para el autoconsumo de energía en una vivienda y/o edificación, que está dentro del estrato “B” según lo expuesto en el estudio; además de vender energía cuando se generen excedentes, lo que supone un beneficio económico para la instalación.

### 2.1.2 ANTECEDENTES NACIONALES

Paul Vladimir Alcántara Rojas, Universidad Nacional de Ingeniería, Facultad de Ingeniería Civil, con su trabajo de investigación, **“METODOLOGÍA PARA MINIMIZAR LAS DEFICIENCIAS DE DISEÑO BASADA EN LA CONSTRUCCIÓN VIRTUAL USANDO TECNOLOGIAS BIM”**, del año 2013, en el que se llegó a las siguientes conclusiones principales:

- Las deficiencias en los documentos contractuales de diseño e ingeniería son problemas que responden a un aspecto cultural debido al uso de procesos de administración, contratación y gerencia de proyectos que impiden una adecuada interacción de las etapas de diseño y construcción.

- A pesar de tener poca o ninguna participación en la elaboración del diseño, es la contratista la que habitualmente asume el riesgo del proyecto si estos problemas llegasen afectar en los plazos o costos del proyecto.
- El realizar un modelado BIM-3D de la edificación permite equivocarnos virtualmente en el modelo 3D y no en campo, ahorrando costos por procesos mal diseñados. El modelo no sólo se utiliza para identificar conflictos entre disciplinas, sino que se convierte en una herramienta de análisis para revisar los criterios de diseño y la adecuada funcionalidad del conjunto entre las distintas instalaciones dependientes. Además, permiten evaluar aspectos constructivos que faciliten un mejor planeamiento y control de las actividades de construcción a través de la gestión de subcontratistas. Tema que sería importante tratar en el futuro y que actualmente se viene descuidando.

Carlos Alberto Chávez Sifuentes, Universidad Nacional de Ingeniería, Facultad de Ingeniería Eléctrica y Electrónica, Carrera Profesional de Ingeniería Electrónica, con su informe de suficiencia, “**INMÓTICA APLICADA A EDIFICACIONES DE LA INDUSTRIA HOTELERA**”, del año 2010, en que se llegó a las siguientes conclusiones principales:

- Un edificio es la confluencia de muchas actividades humanas y por tanto disciplinarias y no sólo un conjunto arquitectónico o electrónico.
- Existe una interacción del edificio con los usuarios y con el entorno.
- Cada tipo de edificio exige criterios comunes y no comunes, convergentes y divergentes, respecto a otros.
- Hay deficiencia de la normatividad y de las recomendaciones.
- El sistema KNX EIB bus es uno de los dos más potente existentes en el mundo y además permite acercar a un edificio inmotizado en la antesala de ser un edificio inteligente.
- Productos importados muy costosos para el mercado nacional.
- Los edificios inmotizados o inteligentes harán cumplir las normas y estándares internacionales de conservación del medio ambiente que deben darse en la presente década.

Patricia Maribel Julcamoro Vasquez, Universidad Privada del Norte, Facultad de Ingeniería, Carrera Profesional de Ingeniería Civil, con su trabajo de investigación, **“IMPLEMENTACIÓN DE LA METODOLOGÍA BIM CON REVIT EN LA FASE DE DISEÑO DE EXPEDIENTE TÉCNICO DE EDIFICACIONES DEL GOBIERNO REGIONAL DE CAJAMARCA – 2018”** del año 2019, en que se llegó a las siguientes conclusiones principales:

- Los beneficios del uso de la metodología BIM en futuros expedientes técnicos y ejecuciones es realizar y/o encontrar menos incongruencias, incompatibilidades, errores y omisiones, lográndose con esto evitar un aumento en plazo y presupuesto.
- Se espera que el desarrollo de metodologías como la planteada en esta investigación aporten al cumplimiento y éxito de objetivos de diseño y ejecución de los proyectos de construcción.

Fernando Pedro Alfredo Vargas Cano, Universidad Nacional de Ingeniería, Facultad de Ingeniería Electrónica, Carrera Profesional de Ingeniería Eléctrica, con su informe de suficiencia, **“LA DOMÓTICA: VENTAJAS Y APLICACIONES DENTRO DE LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS”**, del año 2008, llegando a las siguientes conclusiones principales:

- Aplicar la domótica en el campo de las instalaciones eléctricas, mediante el sistema de cableado simplificado representa una solución que permite una visión al futuro en cuanto a las posibilidades de gestionar los comandos y el control de energía. Como se dijo en los capítulos iniciales, la domótica, representa una alternativa muy útil de flexibilidad en aquellas instalaciones complejas.
- El principal factor que diferencia este sistema de los tradicionales es el cableado. Cuando queremos una instalación eléctrica con un grado de complejidad en los comandos y control de cargas, el cableado tradicional puede hacerse muy engorroso y difícil de mantener. El cableado tipo BUS en cambio simplifica mucho la distribución de la alimentación a las cargas al ser este cableado de dos hilos.
- Con las configuraciones logramos la clave de la flexibilidad que permite convertir a estas instalaciones en soluciones a requerimientos complejos.



Cambiando configuradores en los comandos cambiamos el modo de funcionamiento de los mismos sin alterar en absoluto el cableado.

### 2.1.3 ANTECEDENTES LOCALES

Juan Manuel Vizcarra Aparicio, universidad nacional san Antonio abad del cusco, facultad de arquitectura e ingeniería civil, con su trabajo de investigación, **“INPLANTACIÓN DEL BUILDING INFORMACIÓN MODELING (BIM) EN LAS COMPETENCIAS DE LA ENSEÑANZA UNIVERSITARIA EN LA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL DE LA FACULTA DE ARQUITECTURA E INGENIERIA CIVIL, UNSAAC, CUSCO”**, del año 2019, llegando a las siguientes conclusiones:

- El nivel de conocimiento e implementación BIM en los estudiantes, se encuentra entonado con los profesionales, ya que también se encuentra en una fase inicial. Siendo la desinformación un factor clave en la gran cantidad de usuarios que no usan el BIM.

Adrián Alata Jaquehua, Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco, Facultad de Ingeniería Eléctrica, Electrónica, Informática y Mecánica, Carrera Profesional de Ingeniería Eléctrica, con su trabajo de investigación, **“DISEÑO DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS: CASO CENTRO ECOLÓGICO RECREACIONAL SANTA ROSA DE HUACARIA - PAUCARTAMBO”**, del año 2015, llegando a las siguientes conclusiones principales:

- La ventaja diferencial de este proyecto en comparación con otros es la aplicación de la metodología BIM teniendo en cuenta el concepto ecológico que está ligado al cuidado del medio ambiente.
- Se obtuvieron los parámetros de cálculo y la planimetría como resultado de la simulación del diseño y dimensionamiento de las diferentes elementos y componentes conformantes del proyecto de las instalaciones eléctricas.
- La aplicación de sistemas de control en la iluminación, es garantizar en el centro recreacional un sistema moderno, teniendo como objetivo el ahorro en la parte económica como en la parte energética.

## **2.2 BASES TEÓRICAS**

### **2.2.1 DISEÑO DE LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS**

Instalación de alambrado y accesorios en un terreno, edificación o predio, desde el punto o puntos donde el concesionario u otra entidad suministra la energía eléctrica hasta los puntos donde esta energía pueda ser utilizada por algún equipo, también incluye la conexión del alambrado a los mencionados equipos, así como la modificación, ampliación y reparación del alambrado (CNE-U, 2006, pág. 148).

La instalación eléctrica es todo un conjunto de elementos los cuales permiten transportar y distribuir la energía eléctrica, desde el punto de suministro hasta los equipos dependientes de esta. Entre estos elementos se incluyen: tableros, interruptores, transformadores, bancos de capacitares, dispositivos, sensores, dispositivos de control local o remoto, cables, conexiones, contactos, canalizaciones, y soportes. Las instalaciones eléctricas pueden ser abiertas (conductores visibles), aparentes (en ductos o tubos), ocultas, (dentro de paneles o falsos plafones), o ahogadas (en muros, techos o pisos) (ideiPERU, 2012).

Podemos inferir entonces de estas definiciones en que las instalaciones eléctricas son el medio físico mediante el cual se transporta la energía suministrada por la concesionaria mediante el punto de entrega y su respectivo medidor, a todos los artefactos y equipos eléctricos de la edificación, empleando para ello un conjunto de elementos y accesorios para el transporte, control y operación de los mismos.

### **2.2.2 DISEÑO DE LAS INSTALACIONES ESPECIALES**

Son un conjunto de instalaciones independientes o pueden formar parte de un mismo estándar, las cuales tiene como función atender las diversas necesidades del usuario, según los fines de uso que este requiera en la edificación y sus ambientes, entre las más comunes podemos encontrar las instalaciones de cableado estructurado (Data), las instalaciones de telefonía (Convencional o IP), las instalaciones de circuito cerrado de televisión (CCTV), las instalaciones del sistema de alarma contra incendios (S.A.C.I), las instalaciones de música ambiental y perifoneo, las instalaciones de climatización HVAC (Heating, ventilating y air conditioned) , las instalaciones de control de apertura y cierre de ventanas y toldos, etc.

Las instalaciones especiales al igual que las instalaciones eléctricas necesitan de un medio que posibilite la comunicación entre sus dispositivos, pudiendo ser este físico (Cableado) o inalámbrico (Ethernet o corrientes portadoras), de manera que permitan la instalación y correcto funcionamiento de este sistema en la edificación y los ambientes correspondientes.

### **2.2.3 AUTOMATIZACIÓN**

Cuando hablamos de automatización de instalaciones eléctricas o especiales en interiores en edificaciones, implícitamente se tocan dos conceptos domótica e inmótica, los cuales se aplican a las instalaciones en viviendas y negocios respectivamente.

#### **A. DOMÓTICA**

Un sistema domótico es capaz de recoger información proveniente de unos sensores o entradas, procesarla y emitir órdenes a unos actuadores o salidas. El sistema puede acceder a redes exteriores de comunicación o información.

La domótica permite dar respuesta a los requerimientos que plantean estos cambios sociales y las nuevas tendencias de nuestra forma de vida, facilitando el diseño de casas y hogares más humanos, más personales, polifuncionales y flexibles.

#### **B. INMÓTICA**

La inmótica es el conjunto de tecnologías aplicadas a todo lo relacionado con la automatización y el control inteligente de edificios como pueden ser universidades, centros comerciales, hoteles, organismos oficiales, hospitales y toda aquella clase de edificaciones terciarias, con lo que se busca la gestión más eficiente de la energía, pero también otras ventajas de importancia como la seguridad, la comunicación entre el propio usuario y el sistema y la máxima comodidad.

Aunque la relación con la domótica es obvia, hay detalles diferenciadores bastante notables. En el caso de la domótica se encarga de la gestión energética de una casa de manera completamente individualizada, con la inmótica sucede algo diferente.

La inmótica tiene la capacidad de gestionar de manera integral todo un edificio o complejo de edificios y construcciones de uso terciario, así como sanitario,

industrial, cultural, etc., algo que están usando cada vez más y más organizaciones por la gran cantidad de ventajas que ello conlleva.

#### **2.2.4 BIM**

Para definir el término BIM, no existe una definición universal, ya que este término puede tener muchas acepciones, las cuales pueden variar dependiendo del punto de vista del usuario, el tipo de organización y del trabajo que se tenga pensado desarrollar.

Por lo que para el presente trabajo nos remitiremos a lo establecido en el marco normativo de nuestro país en cuanto respecta al BIM, en la GUIA NACIONAL BIM, se establece la siguiente definición acerca del término BIM: *“De acuerdo a la NTP-ISO 19650-1:2021, BIM es el “uso de una representación digital compartida de un activo construido, para facilitar los procesos de diseño, construcción y operación, con la finalidad de contar con una base confiable para la toma de decisiones”*(Instituto Nacional de Calidad, 2021a, pág. 8).

#### **2.2.5 AUTOGENERACIÓN HÍBRIDA**

Se entiende por Sistema de Generación Híbrido de Energía (SGHE), a aquellos sistemas que generan energía eléctrica a partir de dos o más fuentes de energía distintas, con la implementación de un sistema híbrido se pueden reducir los costos generados por el consumo de energía en una edificación, así también se puede inyectar el exceso de energía generada a la red del concesionario, lo que hoy se conoce como generación distribuida, además de facilitar la gestión del sistema a partir de la combinación de las fuentes de energía disponibles y sustentables en la zona del proyecto.

La posibilidad de poder utilizar distintas fuentes energéticas con características propias, proporciona una flexibilidad al sistema para gestionar la demanda a lo largo del día, así como para futuras ampliaciones. Por otra parte, si se combinan fuentes energéticas que dependen de las condiciones meteorológicas (como la energía solar - eólica), mismas que podrían no estar disponibles según la curva de demanda eléctrica, debido a esto la cantidad de baterías a necesitarse puede ser considerable; por lo tanto, se deberá disponer de un gran subsistema de acumulación para el almacenamiento de la energía captada en horas con más

generación que consumo. Por el contrario, si se combinan sistemas solares con generadores a gas, el usuario tiene la posibilidad de adaptar el arranque de este último según vea por conveniente, evitando de esta manera el almacenamiento de la energía generada por dichas fuentes, disminuyendo las pérdidas en el sistema.

Esto último hace posible disminuir el tamaño del subsistema de acumulación para el almacenamiento, pudiendo obtener un día de autonomía, debido a que la generación a gas permite cubrir la demanda y recargar los equipos de acumulación en caso se presente días con poca radiación solar o la falla de algún componente del sistema de generación híbrido.

Un sistema híbrido es una alternativa de generación flexible, ya que permite futuras ampliaciones si se presentara una mayor demanda, además de ser más fiables ya que disponen de recursos ante posibles fallos ya sea de alguna fuente de generación o algún componente del sistema. En contraparte los sistemas autónomos tienen mayores costos de inversión y el empleo de grupo electrógenos implica mayores costos por el uso de combustible y el mantenimiento del mismo.

La implementación de un sistema híbrido puede ser destinada a la creación de una red eléctrica de distribución (Smart Grid) o para el abastecimiento de una demanda particular, ambas deberán cumplir con los parámetros técnicos de la red a alimentar.

## **2.3 MARCO CONCEPTUAL**

Antes de desarrollar el presente capítulo es necesario tener presente algunos conceptos, los mismos que ayudarán a entender de mejor manera los temas que se tratarán en este capítulo y más adelante.

Para lo cual se contemplarán algunas definiciones de la RM N°083-2019-VIVIENDA y de la resolución directoral R.D. N°18-2002-EM/DGE.

### **2.3.1 INTERESADO O PROPIETARIO**

Persona natural o jurídica, debidamente identificada, que acredita ser el titular del dominio del predio al que se refiere una obra.

### **2.3.2 INGENIERO PROYECTISTA**

Ingeniero electricista o mecánico electricista, habilitado por el colegio de ingenieros del Perú, especializado en la materia, sin impedimento legal para ejercer la profesión, que actúa a título personal o en representación de una empresa y quien es responsable de la elaboración del proyecto encargado por el interesado.

### **2.3.3 INGENIERO REVISOR DEL PROYECTO**

Ingeniero electricista o mecánico electricista, habilitado por el colegio de ingenieros del Perú, especializado en la materia, sin impedimento legal para ejercer la profesión, designado por el concesionario para coordinar con el ingeniero proyectista el desarrollo y revisión del proyecto para su aprobación.

### **2.3.4 INGENIERO RESIDENTE**

Ingeniero electricista o mecánico electricista, habilitado por el colegio de ingenieros del Perú, especializado en la materia, sin impedimento legal para ejercer la profesión, designado por el contratista especialista para llevar adelante la ejecución de las obras hasta su puesta en servicio.

### **2.3.5 INGENIERO SUPERVISOR O INSPECTOR**

Ingeniero electricista o mecánico electricista, habilitado por el colegio de ingenieros del Perú, especializado en la materia, sin impedimento legal para ejercer la profesión, designado por el concesionario para supervisar la ejecución de las obras hasta su puesta en servicio.

### **2.3.6 FACTIBILIDAD**

Es un documento que se tramita ante la concesionaria de energía y certifica que es posible la conexión a su red para el suministro de energía eléctrica ya sea en baja o media tensión.

### **2.3.7 PUNTO DE DISEÑO**

Es el lugar asignado por el concesionario a partir del cual se debe iniciar el proyecto del sistema de distribución o sistema de utilización en media tensión.

### **2.3.8 PUNTO DE ENTREGA**

Para los suministros en media o baja tensión, se considera como punto de entrega el empalme de las instalaciones de propiedad del usuario y las instalaciones del concesionario.

### **2.3.9 SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN**

Es el conjunto de instalaciones eléctricas comprendidas desde un sistema de generación o transformación a media tensión, hasta los puntos de entrega de los usuarios de media o baja tensión, inclusive las unidades de alumbrado público, comprende lo siguiente:

#### **2.3.10 SUBSISTEMA DE DISTRIBUCIÓN PRIMARIA**

Este compuesto por las redes y subestaciones cuyas tensiones de servicio son mayores de 1kV y menores a 30kV.

#### **2.3.11 SUBSISTEMA DE DISTRIBUCIÓN SECUNDARIA**

Son las redes de servicio público cuyas tensiones de servicio son iguales o menores a 1kV.

#### **2.3.12 SISTEMA DE UTILIZACIÓN EN MEDIA TENSIÓN**

Es aquel constituido por el conjunto de instalaciones eléctricas de media y baja tensión, comprendida desde el punto de entrega hasta los bornes de baja tensión del transformador, destinado a suministrar energía eléctrica a un predio.

Estas instalaciones pueden estar ubicadas en la vía pública o en propiedad privada, excepto la subestación, que siempre deberá instalarse en la propiedad del interesado.

#### **2.3.13 SUBESTACIÓN**

Es la instalación encargada de la transformación y/o seccionamiento de la energía eléctrica que recibe una red de distribución primaria y la entrega a una red de distribución secundaria, a las instalaciones de alumbrado público, a otra red de distribución primaria o a usuarios.

Las subestaciones particulares forman parte de lo que se conoce como un sistema de utilización, cuando la demanda de potencia instalada de una edificación

pasa de los 50kW, la EDE no puede abastecer de forma convencional a dicha edificación, por lo que le recomienda al propietario elaborar su proyecto de sistema de utilización, donde dependiendo de su demanda seleccionara un transformador que garantice la operación continua y segura de sus instalaciones.

#### **2.3.14 ACOMETIDA**

Parte de una instalación eléctrica comprendida entre la red de distribución (incluye empalme) y la caja de conexión y medición o la caja toma.

#### **2.3.15 ALIMENTADORES**

Son los encargados de transportan la energía desde el lado de la carga del dispositivo principal de protección hasta la entrada del dispositivo de protección de los circuitos derivados,

Los conductores alimentadores deberán tener una capacidad de corriente no menor a la requerida para alimentar la carga calculada, bajo ningún motivo deberán alimentar a una carga que en cualquier momento pueda sobrepasar su capacidad de corriente.

#### **2.3.16 TABLEROS**

Panel o conjunto de paneles diseñados para constituir un solo panel; incluye barras, dispositivos automáticos de sobrecorriente, y con o sin interruptores para el control de circuitos de alumbrado y fuerza; contruidos para su colocación en un gabinete adosado o empotrado en la pared y accesible solo por un frente.

#### **2.3.17 CIRCUITOS DERIVADOS**

Son parte del sistema de alambrado que está comprendido entre el ultimo dispositivo de protección contra sobre corrientes del circuito y las salidas de tomacorrientes o alumbrado según sea el caso.

Los circuitos derivados deben de ser clasificados de acuerdo a su máxima capacidad nominal o de ajuste permitido por el dispositivo de sobrecorriente, pudiendo ser esta de 6,10,15,20,25,32, 40, 50 y 63A.

Si por algún motivo se utilizasen conductores de mayor capacidad de corriente, la capacidad nominal o de ajuste del dispositivo de sobrecorriente especificado determinara la clasificación del circuito.



### 2.3.18 PUESTA A TIERRA

Los conductores de los circuitos y sistemas son conectados a tierra con el fin de limitar las sobretensiones ocasionadas por rayos, descargas en líneas, o contactos no intencionados con líneas.

### 2.3.19 PARARRAYOS

Dispositivo de protección que limita las ondas de tensión en el equipo por medio de la descarga o el puenteo de las ondas de corriente, así mismo impide el flujo de corriente a tierra y es capaz de repetir estas funciones de acuerdo a sus especificaciones.

### 2.3.20 SISTEMA DE PROTECCIÓN Y CONTROL

Cuando hablamos de una instalación eléctrica se entiende como el conjunto de componentes cuyo fin es el de generar, transformar, distribuir y utilizar la energía eléctrica, esta definición es muy amplia, en el presente trabajo consideraremos los componentes encargados de las funciones de protección, control y distribución en baja tensión.

Los equipos destinados a la protección de una instalación eléctrica se clasifican por su función:

- Equipo de protección contra sobrecorrientes.
- Equipo de protección contra falla a tierra.
- Equipo de protección contra sobretensiones.

### 2.3.21 EQUIPO DE PROTECCIÓN CONTRA SOBRECORRIENTES

La protección contra sobrecorrientes se realiza mediante el empleo de equipos como interruptores termomagnéticos o electrónicos automáticos y fusibles con capacidad para interrumpir un evento peligroso en un tiempo breve, antes de que se produzca daño a la instalación eléctrica.

Las condiciones de peligro que se pueden presentar son la **sobrecarga** y el **cortocircuito**.

La sobrecarga es el fenómeno que se presenta cuando en una instalación la corriente demandada es superior a la capacidad de conducción nominal del cable

y de los equipos por los circula. Este fenómeno debe de interrumpirse en un tiempo relativamente breve, ya que si no se interrumpe se puede llegar al rápido deterioro o daño del aislamiento del cable.

El cortocircuito es el fenómeno que se presenta cuando dos o más fases (o neutro) se ponen accidentalmente en contacto entre sí. En este caso la corriente en circulación asume valores extremadamente altos y se debe interrumpir en un tiempo muy breve.

**Figura N° 4:** Interruptores Termomagnéticos de 2P y 3P



Fuente: BTICINO

### 2.3.22 EQUIPO DE PROTECCIÓN CONTRA FALLA A TIERRA

La protección contra falla a tierra se realiza empleando interruptores diferenciales los cuales tienen la función de interrumpir el circuito cuando una corriente de falla a tierra supera el rango de corriente de operación diferencial del propio interruptor.

Esta protección garantiza un margen de seguridad óptimo en la prevención de incendios ya que unos cuantos miliamperes de corriente de fuga a tierra pueden provocar el disparo del interruptor.

El uso de interruptores diferenciales se debe realizar cuando la protección contra contactos directos e indirectos sea requerida.

Un **contacto directo** es un contacto franco que se lleva a cabo cuando una persona inadvertidamente toca un elemento vivo de la instalación que normalmente esta energizado.

Un **contacto indirecto** se lleva a cabo cuando una persona entra en contacto con un componente de la instalación eléctrica que normalmente no está energizado, pero que se energiza por una falla en el aislamiento.

**Figura N° 5:** Interruptores Diferenciales de 2P y 4P



**Fuente:** BTICINO

### 2.3.23 EQUIPO DE PROTECCIÓN CONTRA SOBRETENSIONES

La protección contra sobretensiones de origen atmosférico se realiza empleando descargadores de sobretensión que permiten drenar a tierra corrientes de hasta 10kA.

De estos equipos existen diferentes tipos: de gas, con varistor o con supresor por semiconductor.

**Figura N° 6:** Interruptor limitador de sobretensión de 2P



**Fuente:** LEGRAND

Este descargador funciona cuando la tensión excede cierto valor, la resistencia del varistor cambia de valor de tal modo que la sobrecorriente creada se drena directamente a tierra.

### 2.3.24 EVALUACIÓN DE LA DEMANDA

Según lo establecido por la norma EM.010 del RNE, es preciso determinar la potencia instalada y la máxima demanda que requiere una instalación.

Así mismo establece dos métodos para tal efecto:

**Tabla N° 2: Evaluación de la demanda**

| NORMA EM.010                         |  |
|--------------------------------------|--|
| ARTICULO 7: EVALUACIÓN DE LA DEMANDA |  |
| <b>MÉTODO 1</b>                      | Considerando las cargas realmente a instalarse en la edificación (proyectadas), los factores de demanda y simultaneidad que se obtienen durante la operación de la instalación.  |
| <b>MÉTODO 2</b>                      | Considerando las cargas unitarias y los factores de demanda que estipula el Código Nacional de Electricidad - Utilización o las normas DGE correspondientes. El factor de simultaneidad es asumido y justificado por el proyectista. |

**Fuente:** Elaboración propia

Muchas son las voces discordantes acerca de cuál método es el más efectivo, varios son los ingenieros de mucha experiencia, los que indican que el método 2, el cual queda establecido en la sección 050 del CNE-U, es más práctico y eficiente, y en contraparte otros son los ingenieros que indican que el método 2 está quedando obsoleto ya que en la última década se ha hecho masivo el uso de aparatos electrodomésticos y dispositivos electrónicos que son conectados al circuito de tomacorrientes de la edificación en comparación con hace 13 años atrás, es por esto que recomiendan el empleo del método 1, por ser más actual y exacto en el cálculo.

Nosotros para el diseño de las instalaciones eléctricas interiores del presente proyecto optaremos por el Método 1.

### 2.3.25 CÁLCULO DE ALIMENTADORES Y CIRCUITOS DERIVADOS

#### 2.3.25.1 CÁLCULO DE CORRIENTES

En el cálculo de corrientes que resulten de cargas expresadas en watts o volt-amperes, alimentadas por sistemas de corriente alterna de baja tensión se deben emplear las tensiones nominales de 220V o 380V, según corresponda, o cualquier otra tensión nominal dentro del rango de baja tensión de 1000V o menos que sea aplicable.

### 2.3.25.2 CAIDA DE TENSION

La impedancia de un circuito crea una caída de tensión, esto puede conllevar a la aplicación de una tensión menor a la aceptada, a no ser que se tomen las medidas preventivas adecuadas. Una tensión baja disminuye la eficiencia operativa de los equipos eléctricos, tales como motores, sistemas de calefacción y sistemas de iluminación. El establecimiento de criterios para la caída de tensión máxima aceptada en un circuito asegura la utilización de tensiones aceptables para obtener un rendimiento óptimo de los equipos eléctricos.

Para el diseñador, la caída de tensión es un valor calculado, por lo tanto, se ha establecido el requerimiento de que el cálculo de la caída de tensión se base en la carga de la demanda calculada, en caso de que la carga conectada a un circuito derivado no pueda ser determinado, se puede la demanda como el 80% del valor nominal de dispositivo de protección contra sobrecorrientes del circuito.

El porcentaje permitido para la caída de tensión se basa en dos valores:

- La caída de tensión no sea mayor del 2.5%
- La caída de tensión total máxima en el circuito alimentador y los circuitos derivados hasta la salida o punto de utilización más alejado, no exceda del 4%.

Considerando una instalación típica como en la figura, donde podemos encontrar una acometida, alimentador y circuito derivado, se permite como máximo una caída de tensión de:

- 1% en la acometida (a)
- 4% como máximo entre alimentador (b) + el circuito derivado (c)

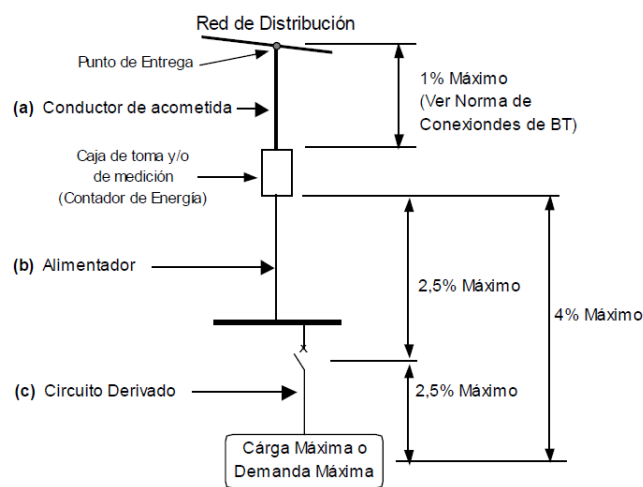
De acuerdo a lo estipulado por la NTCSE la caída de tensión en el punto de entrega debe de ser de 5% de la tensión nominal, obteniéndose una caída de tensión de 11V en toda instalación de 220V, debiendo ser esta desde el punto de entrega hasta el último punto de utilización.

La máxima caída de tensión para cualquier alimentador o circuito derivado es de 2.5% lo que sería en tensión 5.5V, pero por lo establecido en el CNE-U/SECCION 050/CAIDA DE TENSION, la caída de tensión entre el alimentador y circuito

derivado puede ser un 4% lo que sería en tensión 8.8V, esto siempre en cuando el alimentador tenga una caída de tensión de 2.5% y el circuito derivado como máximo 1.5% o viceversa, de modo tal que la caída de tensión total no sea mayor al 4%.

La incidencia del costo de conductores en el presupuesto de un proyecto es de aproximadamente entre el 25% al 30%, es por este motivo que el dimensionamiento de conductores se vuelve una cuestión económica, Por ejemplo, si la sección del conductor de un alimentador produce una caída de tensión de 4V (1.8%), se puede usar los restantes 4.8V (2.2%) para el dimensionamiento del circuito derivado.

**Figura N° 7: Máximas caída de tensión permitidas en un circuito**



**Fuente:** Sustentación del CNE-U/SECCIÓN 050

La representación de un sistema eléctrico como el de la **figura N°2.2**, es válida para las instalaciones de una vivienda convencional, pero que pasa cuando nos enfrentamos al diseño de instalaciones complejas como edificios institucionales, colegios, pabellones universitarios, hospitales, o como en este caso un hotel, los requerimientos concernientes al diseño se vuelven más exigentes, por este motivo y basado en la experiencia, aprovechamos el presente trabajo para proponer nuevos esquemas propios de las **máximas caídas de tensión permitida en un circuito**.

### 2.3.25.2.1 ESQUEMA 01:

Este esquema se puede emplear en el diseño de las instalaciones de un edificio multifamiliar, colegio, centro de salud, centro comercial, edificio institucional, pabellón universitario, etc.; todas edificaciones de mediana magnitud, se mantiene el 1% de caída de tensión para la acometida tal como indica la norma, pero a

diferencia de las instalaciones de una vivienda, se considera un tablero general y uno, dos o más tableros de distribución, según se considere necesario o la edificación lo requiera, existen entonces dos alimentadores, al cual designaremos como alimentador principal y secundario para el TG y el TD respectivamente, esta distribución nos permite reducir la caída de tensión en los conductores ya que el recorrido del alimentador se acorta por la existencia de los TD'S, tanto para el alimentador principal como para el secundario se tiene una caída de tensión de 1.5%, de los TD'S se alimentan a los circuitos derivados que se crean convenientes, para este último circuito se entiende muchas veces que los recorridos son largos, es por eso que se ha considerado una caída de tensión de 2.5%. Tal como se describió acumularíamos una caída de tensión de 5%, los circuitos deberán ser calculados de tal manera que la caída de tensión entre el alimentador secundario y los circuitos derivados no excedan el 4%, esto sumado con el 1% reservado para la acometida recién sumaría el 5% que establece la NTCSE, todo lo descrito se entenderá mejor en la figura 2.4.

#### **2.3.25.2.2 ESQUEMA 02:**

Este esquema se puede emplear en aquellas edificaciones de gran magnitud, al igual que en el esquema anterior caso se conserva el 1% de caída de tensión para la acometida, se tiene un tablero general, los tableros de distribución que se consideren necesarios y se adiciona un subtablero general (STG), el cual alimentara a otros tableros de distribución, este esquema al igual que el anterior buscar reducir las caídas de tensión, producidas por los largos recorridos de los circuitos alimentadores, siendo unos de los beneficios directos el ahorro económico en la partida de conductores debido a reducción en la sección de los mismos. Existe un alimentador principal para el TG y un alimentador secundario para un TD o un STG ambos con una caída de tensión de 1.5% y un total de 2.5% entre ambos circuitos, se considera un subalimentador para el STG y los circuitos derivados que se crean convenientes, ambos con una caída de tensión de 1.5% y un total de 2.5% entre ambos circuitos. Tal como se describió acumularíamos una caída de tensión de 5%, los circuitos deberán ser dimensionados de tal manera que la caída de tensión entre el alimentador secundario y los circuitos derivados no excedan el 4%, esto sumado con el 1% reservado para la acometida recién sumaría el 5% que establece la NTCSE, todo lo descrito se entenderá mejor en la figura 2.4.

A continuación, se muestra una leyenda que ayudara a entender los esquemas de la figura 2.4.

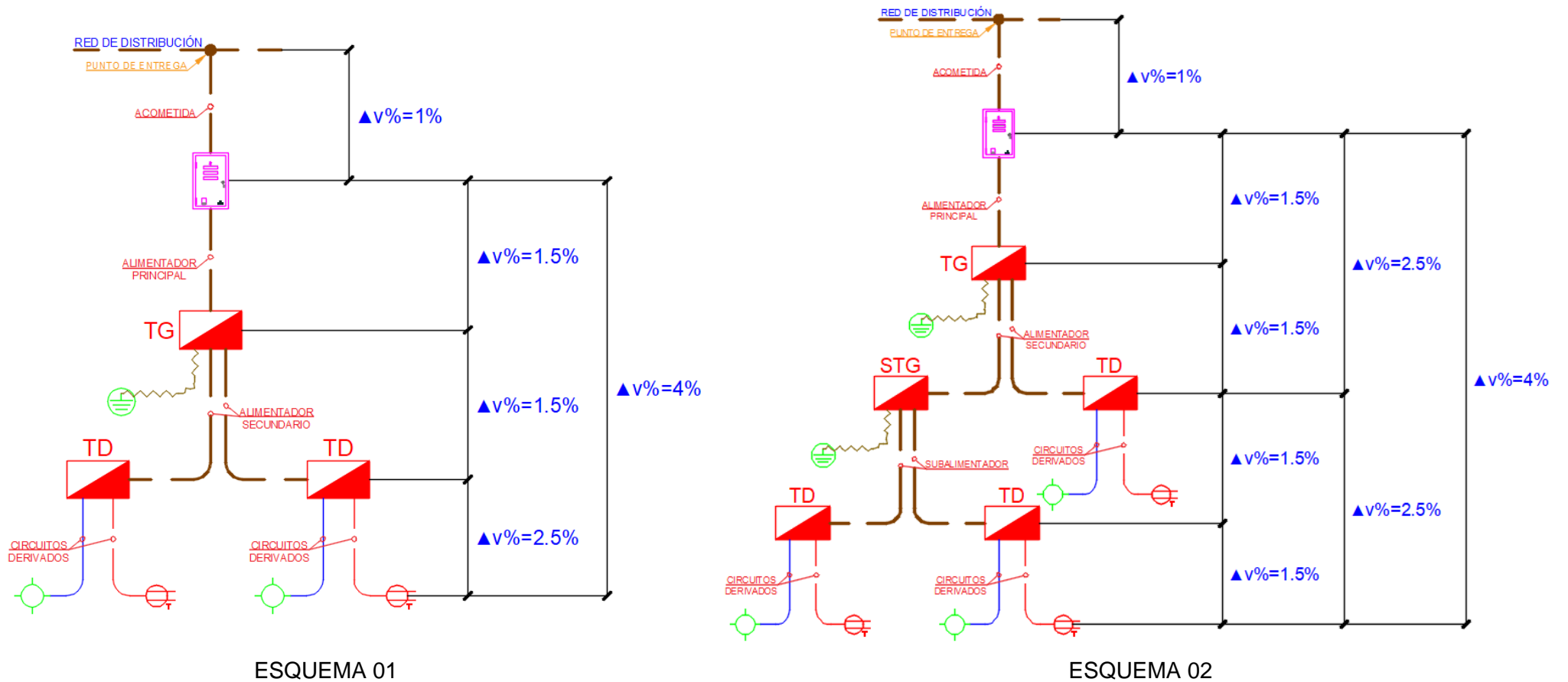
**Figura N° 8: Leyenda de esquemas**

| <b>LEYENDA ESQUEMAS</b>  |   |
|--|---|
| <b>EQUIPO</b>  | <b>DESCRIPCIÓN</b>  |
|   | MEDIDOR DE ENERGIA  |
|   | TABLERO GENERAL   |
|   | SUBTABLERO GENERAL  |
|   | TABLERO DE DISTRIBUCIÓN   |
|   | SALIDA PARA ALUMBRADO   |
|   | SALIDA PARA TOMACORRIENTE   |
|   | CIRCUITO DE ACOMETIDA, ALIMENTADOR PRINCIPAL, ALIMENTADOR SECUNDARIO Y SUBALIMENTADOR |
|   | CIRCUITO DERIVADO ALUMBRADO   |
|   | CIRCUITO DERIVADO TOMACORRIENTES  |
|   | CONDUCTOR DE CU DESNUDO   |
|  | SISTEMA DE PUESTA A TIERRA  |

**Fuente:** ANM



Figura N° 9: Esquemas propuestas de máximas caídas de tensión permitidas en un circuito



Fuente: ANM

### 2.3.25.3 CARGA MÁXIMA DE CIRCUITOS

La corriente nominal de una acometida, alimentador principal, alimentador secundario, subalimentador o circuito derivado debe ser la que resulte menor entre la capacidad nominal del dispositivo de protección contra sobrecorrientes (termomagnéticos) del circuito y la capacidad nominal de nominal de los conductores.

La carga calculada para un circuito no debe exceder a la corriente nominal del circuito.

### 2.3.26 CALCULO ELÉCTRICO

Para el cálculo eléctrico de las instalaciones eléctrica en edificaciones, es común que cada proyectista tenga su propia hoja de cálculo diseñada, existen también aquellos que emplean softwares como el PRISEC, el cual solo funciona en plataforma XP motivo por el cual está quedando desfasado, así mismo muchos son los programas que han aparecido en estos años ofreciendo soluciones sobre el cálculo eléctrico en edificaciones, pero es fundamental que el proyectista tenga el conocimiento necesario sobre la teoría del cálculo electrico, las fórmulas necesarias y experiencia en campo, sino solo seriamos meros operadores de software, lo cual nos alejaría de la esencia propia de lo que significa ser un ingeniero electricista.

Es por eso que describiremos una metodología propia para el cálculo eléctrico, si bien con fórmulas que ya son conocidas y de uso masivo, pero a la que daremos un enfoque didáctico, haciendo énfasis en cuestiones de diseño que por experiencia propia sabemos que traen un poco de complicaciones a la hora de la elaboración del proyecto.

Como se mencionó líneas arriba el método elegido para el desarrollo del presente trabajo es el METODO 1 de la NORMA EM.010 del RNE, denominado también como el de la **“POTENCIA REALMENTE INSTALADA”**.

Consideramos que antes de empezar con el diseño del cálculo electrico, es necesario dejar en claro algunos conceptos que se han establecido de manera errónea.

### 2.3.26.1 NUMERO DE SALIDAS DE ALUMBRADO POR CIRCUITO

Son mucho los proyectistas y los que se inician en el diseño de proyectos de instalaciones interiores, los que manejan el concepto erróneo de 16 salidas de alumbrado y 12 salidas de tomacorrientes por circuito derivado, concepto que ha sido aceptado pese a no contar con base normativa alguna.

Para despejar estos conceptos erróneos, debemos recurrir al CNE-U/SECCIÓN 070 PROTECCIÓN Y CONTROL/070-3000 NUMERO DE SALIDAS POR CIRCUITO, el mismo que establece los siguientes conceptos:

***Se considera para cada salida un consumo no menor de 1A***

Esto lo vamos a considerar en las salidas de tomacorrientes, aquellas que no sean consideradas como de fuerza ( $I_n > 1500A$ ), como quedo establecido líneas arriba en CALCULO DE CORRIENTES los sistemas de corriente alterna de baja tensión en nuestro país emplean tensiones nominales de 220V o 380V, según corresponda, por lo que teniendo una corriente de 1A y una tensiona nominal de 220V, en este caso, tendríamos una potencia de 220W por salida en un circuito de tomacorrientes.

***Cuando la carga de cada salida es conocida, se permite que el número de salidas sea mayor que 12, en la medida en que la corriente total del circuito no exceda el 80% de la capacidad nominal del dispositivo de sobrecorriente que lo protege.***

Para analizar esto, consideraremos dispositivos de protección de sobrecorrientes (Termomagnético) de 16A y 20A para los circuitos derivados de alumbrado y tomacorrientes respectivamente.

Dispositivo de protección de 16A:

$$I = 0.8 \times 16A \rightarrow I = 12.8A$$

Dispositivo de protección de 20A:

$$I = 0.8 \times 20A \rightarrow I = 16A$$

La mala interpretación de estos resultados talvez haya llevado al concepto errado de 16 salidas de alumbrado y 12 salidas de tomacorrientes por circuito derivado respectivamente.

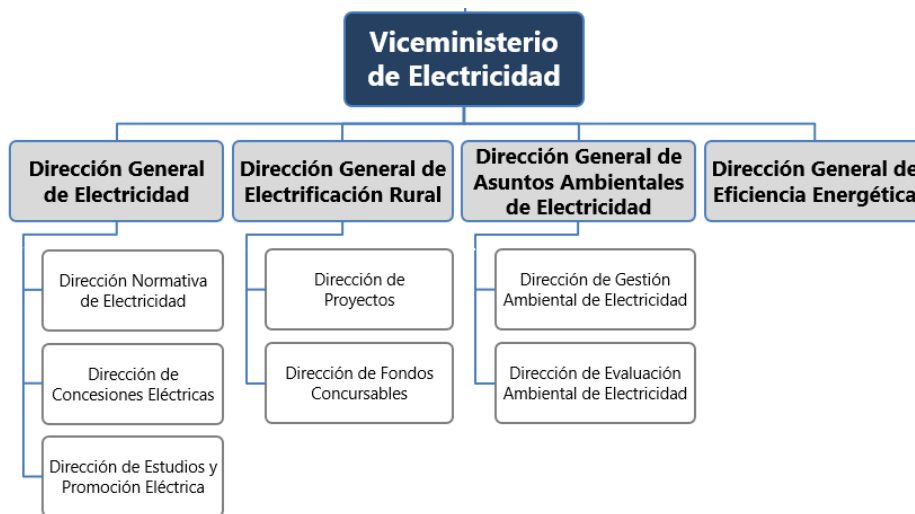
La aparición y uso masivo de equipos de alumbrado con tecnología led, ha permitido incrementar el número de salidas en un circuito derivado de alumbrado.

Po otro lado bajo la premisa de considerar un 1A por salida de tomacorriente, tendríamos un circuito derivado de 20 salidas.

## 2.4 MARCO NORMATIVO

El sector energía en nuestro país tiene un ente rector, el cual es el VICEMINISTERIO DE ELECTRICIDAD del MINISTERIO DE ENERGIA Y MINAS, en la siguiente figura podemos ver su organización:

*Figura N° 10: Organigrama del viceministerio de electricidad*

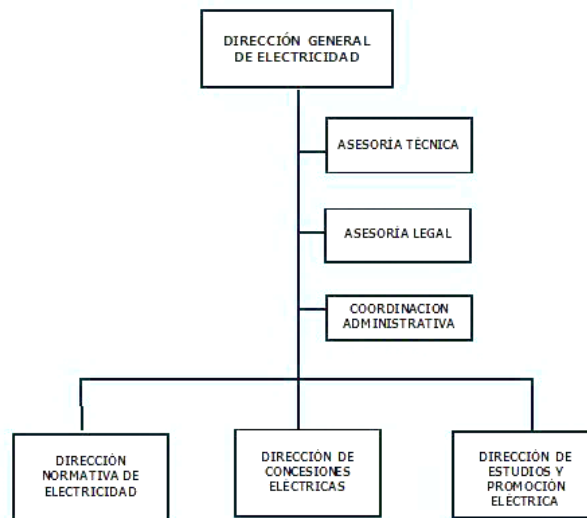


**Fuente:** MINEM

Este viceministerio es el encargado mediante sus diferentes direcciones de formular, planear, dirigir, coordinar, ejecutar, supervisar y evaluar el sector energético de nuestro país.

Por la naturaleza del presente trabajo haremos mención a la dirección general de electricidad DGE, la cual su vez presenta la siguiente organización:

**Figura N° 11: Organigrama de la dirección general de electricidad (DGE)**



**Fuente:** MINEM

Es la dirección normativa de electricidad, la cual tiene como director a un destacado ingeniero como es Orlando Miguel Chávez Chacaltana, la encargada de emitir y promover directivas y normas que permitan el desarrollo del ejercicio profesional en las 4 actividades que tiene el sector energía.

Como ya sabemos que entes regentan el sector electricidad en nuestro país, a continuación, haremos una descripción de los códigos y normas, que se emplearan en el diseño de las instalaciones eléctricas del hotel.

### 2.4.1 NORMA DGE TERMINOLOGÍA EN ELÉCTRICIDAD

Esta norma establece las convenciones en cuanto a definiciones, las mismas que tienen un carácter fundamental cuando se transfiere información ya sea en la elaboración de un proyecto, ejecución, operación y mantenimiento.

Esta norma está estructurada en 2 partes:

**Tabla N° 3: Estructura norma DGE / Terminología en electricidad**

| NORMA DGE                    |  |
|------------------------------|--|
| TERMINOLOGÍA EN ELECTRICIDAD |  |
| PARTE I                      | GENERACIÓN, TRANSMISIÓN, DISTRIBUCIÓN, UTILIZACIÓN Y TARIFACIÓN DE LA ELÉCTRICIDAD |
| PARTE II                     | EQUIPAMIENTO ELÉCTRICO   |

**Fuente:** Elaboración propia

## 2.4.2 NORMA DGE SIMBOLOGÍA EN ELECTRICIDAD

Esta norma establece las convenciones en cuanto a simbología, las mismas que tienen un carácter fundamental cuando se transfiere información ya sea en la elaboración de un proyecto, ejecución, operación y mantenimiento.

La idea es tener una simbología gráfica en concordancia con lo establecido en las normas internacionales.

**Tabla N° 4:** Estructura norma DGE / Simbología en electricidad

| NORMA DGE                         |   |
|-----------------------------------|---|
| SIMBOLOS GRÁFICOS EN ELÉCTRICIDAD |   |
| PARTE I                           | SIMBOLOS GRÁFICOS PARA DIAGRAMAS Y PLANOS |
| PARTE II                          | SIMBOLOS GRÁFICOS PARA USO EN EQUIPOS     |
| PARTE III                         | SEÑALIZACIÓN DE SEGURIDAD                 |

*Fuente:* Elaboración propia

## 2.4.3 CODIGO NACIONAL DE ELECTRICIDAD SUMINISTRO 2011

El código nacional de electricidad suministro está dividido en 44 secciones, de las cuales 8 se han dejado en blanco, quedando pendiente su posterior publicación, esta dividido en 4 partes.

**Tabla N° 5:** Secciones y partes del CNE-S 2011

| CNE-S 2011           |   |
|----------------------|---|
| SECCIONES/<br>PARTES | TITULO  |
| SECCIÓN 1            | Introducción al código nacional de electricidad suministro 2011   |
| SECCIÓN 2            | Terminología básica   |
| SECCIÓN 3            | Métodos de puesta a tierra para instalaciones de suministro eléctrico y comunicaciones                                  |
| PARTE 1              | Reglas para la operación y mantenimiento de las estaciones de suministro eléctrico y equipos                            |
| PARTE 2              | Reglas de seguridad para la instalación y mantenimiento de líneas aéreas de suministro eléctrico y comunicaciones       |
| PARTE 3              | Reglas de seguridad para la instalación y mantenimiento de líneas subterráneas de suministro eléctrico y comunicaciones |
| PARTE 4              | Reglas para la operación de líneas de suministro eléctrico y comunicaciones y equipos                                   |

*Fuente:* Elaboración propia

## 2.4.4 CODIGO NACIONAL DE ELECTRICIDAD UTILIZACIÓN 2006

El código nacional de electricidad utilización 2006, esta dividido en 44 secciones, de las cuales 10 son secciones generales y las otras 34 son denominadas secciones complementarias.

Las secciones complementarias pueden ser suplementarias o modificatorias de las secciones generales.

**Tabla N° 6:** Secciones generales del CNE-U 2006

| CNE-U 2006  |   |
|-------------|---|
| SECCIONES   | TITULO                                    |
| SECCIÓN 010 | Introducción                              |
| SECCIÓN 020 | Prescripciones generales                  |
| SECCIÓN 030 | Conductores                               |
| SECCIÓN 040 | Conexiones y equipos de conexión          |
| SECCIÓN 050 | Cargas de circuitos y factores de demanda |
| SECCIÓN 060 | Puesta tierra y enlace equipotencial      |
| SECCIÓN 070 | Metodos de alambrado                      |
| SECCIÓN 080 | Protección y control                      |
| SECCIÓN 090 | Circuitos clase i y clase ii              |
| SECCIÓN 150 | Instalación de equipos eléctricos         |

**Fuente:** Elaboración propia

Para el diseño de instalaciones eléctricas interiores se empleará la metodología 5-3-8, la cual es recomendada por el manual de sustentación del código de electricidad utilización 2006, sección 050, el cual indica los pasos para el diseño de los circuitos de una instalación de la siguiente manera “El procedimiento correcto es calcular la carga según la sección 050 y luego determinar las dimensiones del conductor (Sección 030) y del dispositivo de sobre corriente (Sección 080)”, de aquí sacamos la metodología 5-3-8 que hace referencia al número de estas secciones.

#### **2.4.5 REGLAMENTO NACIONAL DE EDIFICACIONES**

Las normas estipuladas en el reglamento nacional de edificaciones (RNE) se elaboran a través de comités técnicos especializados, conformados por representantes de diversas instituciones involucradas en el tema materia de la norma en cuestión. Tienen preferencia en la conformación de estos comités, representantes de las universidades, institutos de investigación y consultores de reconocido prestigio en el país.

El comité técnico especializado es el encargado de elaborar el proyecto de propuesta de las normas del reglamento nacional de edificaciones, que posteriormente es sometida a discusión pública y, finalmente, aprobada por el ministerio de vivienda, construcción y saneamiento.

Claro ejemplo es lo sucedió con la actualización de la Norma EM.010, la cual primero tuvo una prepublicación tentativa, la misma que estuvo abierta a críticas y recomendaciones, para posteriormente hacer su publicación definitiva.

Tengamos en cuenta que esta norma no solo trata de interiores como muchos creen al leer edificaciones en su título, sino también abarca el tema de las habilitaciones urbanas donde nuestra especialidad tiene participación con las instalaciones del subsistema de distribución secundario, las cuales se encuentra normadas en el TITULO II, acápite II.4 obras de suministro de energía y comunicaciones.

En este trabajo nos centraremos en las normas emitidas referentes a las instalaciones eléctricas y mecánicas las mismas que comienzan con las siglas EM, las cuales se puede ver en la siguiente tabla.

**Tabla N° 7:** *Instalaciones eléctricas y mecánicas del RNE*

| RNE/TITULO III EDIFICACIONES               |  |
|--|--|
| III.4 INSTALACIONES ELÉCTRICAS Y MECÁNICAS |  |
| EM.010                                     | Instalaciones eléctricas interiores                  |
| EM.020                                     | Instalaciones de comunicaciones                      |
| EM.030                                     | Instalaciones de ventilación                         |
| EM.040                                     | Instalaciones de gas                                 |
| EM.050                                     | Instalaciones de climatización                       |
| EM.060                                     | Chimeneas y hogares                                  |
| EM.070                                     | Transporte mecánico                                  |
| EM.080                                     | Instalaciones con energía solar                      |
| EM.090                                     | Instalaciones don energía eólica                     |
| EM.100                                     | Instalaciones de alto riesgo                         |
| EM.110                                     | Control térmico y lumínico con eficiencia energética |

**Fuente:** Elaboración propia

No describiremos cada una de ellas, puesto que como dijimos en el comienzo de este capítulo trataremos de ser lo más objetivos y no todas son competencia de nuestra especialidad, además dichas normas son de acceso público, y muchos de nosotros ya sabemos o tenemos idea de su contenido.

Uno de los objetivos de este trabajo es demostrar que el tema de competencia entre especialidades sobre el diseño de instalaciones interiores en edificaciones en un futuro será un tema de certificación.

Si hará el análisis de la norma EM.010 ya que esta fue actualizada este año y existen cambios que valen la pena resaltar, así mismo fue con esta norma que se diseñaron las instalaciones del presente trabajo.



## 2.4.6 NORMA EM.010 INSTALACIONES ELÉCTRICAS EN EDIFICACIONES

Esta fue norma técnica fue aprobada este año con resolución ministerial N° 083-2019-VIVIVENDA.

**Tabla N° 8:** EM.010 / Instalaciones eléctricas interiores del RNE

| RNE/EM 010   |   |
|--|---|
| INSTALACIONES ELÉCTRICAS INTERIORES EN EDIFICACIONES |   |
| CAPITULO I   | DISPOSICIONES GENERALES   |
| ARTÍCULO 01  | Objetivo  |
| ARTÍCULO 02  | Finalidad   |
| ARTÍCULO 03  | Ambito de aplicación  |
| ARTÍCULO 04  | Componentes de las instalaciones eléctricas interiores                                  |
| ARTÍCULO 05  | Definiciones  |
| CAPITULO II  | LINEAMIENTOS TÉCNICOS DE DISEÑO DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS INTERIORES EN EDIFICACIONES |
| ARTÍCULO 06  | Requerimientos de iluminación   |
| ARTÍCULO 07  | Evaluación de la demanda  |
| ARTÍCULO 08  | Documentación técnica de un proyecto de instalación eléctrica                           |
| ARTÍCULO 09  | Construcción por etapas   |
| ARTÍCULO 10  | Instalaciones eléctricas provisionales  |
| ARTÍCULO 11  | Suministro de energía eléctrica de emergencia   |
| ANEXO  | Requisitos mínimos de iluminación   |

**Fuente:** Elaboración propia

## 2.4.7 NORMA DGE 017-AI-1/1982

Más conocida como “NORMA DE ALUMBRADO DE INTERIORES Y CAMPOS DEPORTIVOS”, esta norma es muy explícita en cuanto a diseño de iluminación se refiere, a pesar de ser del año 1982, en comparación con la EM.010 da mayores luces sobre los aspectos a tener en cuenta a la hora de elaborar el diseño lumínico y es la única norma nacional a la que se puede recurrir en cuanto a iluminación de campos deportivos se refiere.

**Tabla N° 9:** Norma DGE 017-A-1/1982

| DGE 017-AI-1/1982 |   |
|-------------------|---|
| NRO               | NORMA DE ALUMBRADO DE INTERIORES Y CAMPOS DEPORTIVOS                  |
| 1                 | GENERALIDADES   |
| 2                 | DEFINICIONES  |
| 3                 | FUNCIONES DEL ALUMBRADO   |
| 4                 | REQUERIMIENTOS DEL ALUMBRADO  |
| 5                 | PROYECTOS DE INSTALACIONES DE ALUMBRADO                               |
| 6                 | MANTENIMIENTO DE LA INSTALACIÓN DE ALUMBRADO                          |
| 7                 | ILUMINACIÓN RECOMENDADA PARA INTERIORES EN GENERAL                    |
| 8                 | ILUMINACIÓN RECOMENDADA PARA LOCALES DE ASISTENCIA MEDICA             |
| 9                 | ILUMINACIÓN RECOMENDADA PARA LOCALES DEPORTIVOS                       |
| 10                | ILUMINACIÓN RECOMENDADA PARA MUSEOS                                   |
| 11                | ILUMINACIÓN RECOMENDADA PARA EXTERIORES                               |
| 12                | ILUMINACIÓN RECOMENDADA PARA PLAYAS DE ESTACIONAMIENTO Y PARA GARAJES |

**Fuente:** Elaboración propia

#### **2.4.8 NORMA TÉCNICA DE METRADOS PARA OBRAS DE EDIFICACIÓN Y HABILITACIONES URBANAS**

Esta norma es fundamental para el diseño de la estructura del presupuesto, para el presente trabajo abordaremos el título II, ya que se trata de una obra de electrificación, de acuerdo a lo estipulado los títulos, subtítulos y partidas correspondientes a las especialidades de instalaciones eléctricas y mecánicas, comienzan con el código alfanumérico OE.5, el mismo que hace referencia a obras de edificación.

En la elaboración del expediente técnico el cual será un anexo al presente trabajo, se tomará como base esta norma técnica para la realización del presupuesto de las instalaciones, teniendo la necesidad de crear nuevos títulos, subtítulos y partidas para la implementación de la automatización, contando con un análisis de costos unitarios serio, ya que las partidas para la realización de estos trabajos no están consideradas en la norma.

#### **2.4.9 NORMAS DEL ESTANDAR KNX**

Existen varias tecnologías de bus en el mercado, y cada una tiene su justificación normativa y ventajas para ciertas aplicaciones. Para el presente trabajo se seleccionó el sistema de bus KNX, así mismo cumple con los siguientes estándares normativos referentes a la fabricación de sus componentes:

KNX es un estándar reconocido a nivel internacional y europeo, así como nacional en muchos países como p.ej. Estados Unidos o China: CENELEC EN 50090 (Europa), CEN 13321-1/2 (Europa), ISO/IEC 14543-3 (Internacional), GB/T 20965 (China), ANSI/ASHRAE 135 (Estados Unidos). Más de 350 miembros en casi 40 países fabrican productos conformes al estándar KNX. Gracias a esta estandarización, los productos son compatibles entre sí, lo que facilita modificaciones o ampliaciones futuras.

#### **2.4.10 NORMAS BIM**

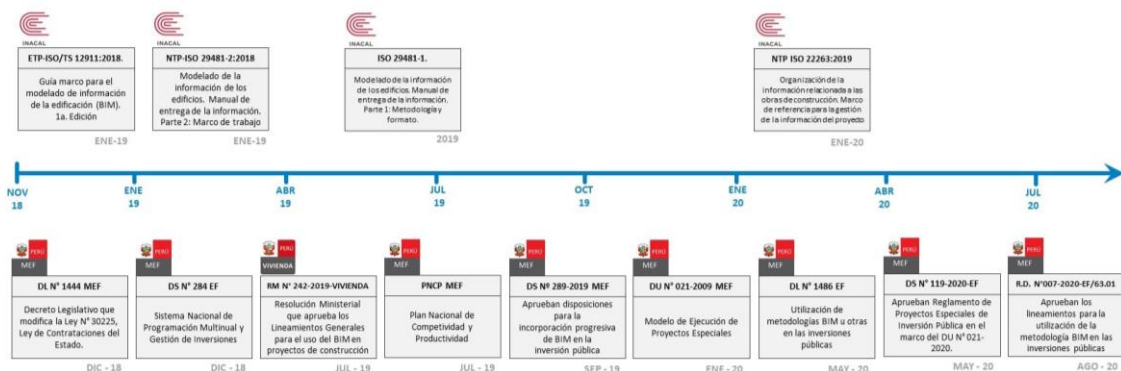
En nuestro país desde el año 2018 y con el motivo de la construcción de la infraestructura deportiva para los Juegos Panamericanos Lima 2019, se ha venido promoviendo en nuestro país la incorporación progresiva de BIM en los procesos

de inversión pública de las entidades y empresas públicas, para lo cual se han venido estableciendo diversas normas.

Es grato saber que nuestra región fue una de las primeras entidades públicas que incorporo la metodología BIM en la gestión de proyectos, mediante ACUERDO DE CONSEJO REGIONAL N° 071-2017-CR/GRC CUSCO.

Las normas nacionales referidas a la metodología BIM son:

**Figura N° 10: Normatividad Nacional acerca de BIM**



**Fuente:** MEF

- D.L N° 1444
- D.S N° 284-2018-EF / APRUEBAN REGLAMENTO DEL DECRETO LEGISLATIVO N° 1252, DECRETO LEGISLATIVO QUE CRE EL SISTEMA NACIONAL DE PROGRAMACIÓN MULTIANUAL Y GESTIÓN DE INVERSIONES.
- D.U N°021-2020 / DECRETO DE URGENCIA QUE ESTABLECE EL MODELO DE EJECUCIÓN DE INVERSIONES A TRAVÉS DE PROYECTOS ESPECIALES DE INVERSIÓN PÚBLICA Y DICTA OTRAS DISPOSICIONES.
- EXP-DL N° 144
- D.S N° 237-2019-EF / PLAN NACIONAL DE COMPETITIVIDAD Y PRODUCTIVIDAD
- R.M N° 242-2019 VIVIENDA /
- NTP-ISO 29481-2:2018
- ETP-ISO/TS 12911:2018

## CAPITULO III

### DISEÑO AUTOMATIZADO

#### 3.1 DE LAS INSTALACIONES CONVECCIONALES A LAS AUTOMATIZADAS

En las instalaciones convencionales el usuario se conforma únicamente con las instalaciones de alumbrado artificial, las instalaciones de tomacorrientes donde puedan conectar sus equipos eléctricos y en algunos casos contar con calefacción. Bajo estas condiciones la normatividad se limita a proteger las instalaciones, personas, animales y bienes culturales contra riesgos eléctricos.

Con el transcurso de los años, han ido apareciendo nuevas necesidades relacionadas al confort y a la mejor gestión de la energía de las instalaciones, para atender a estas nuevas necesidades, han ido apareciendo en el mercado, equipos que permiten realizar aplicaciones específicas como regular la iluminación, controlar el encendido y apagado de equipos eléctricos, programar la calefacción, regular la temperatura ambiental, conectar alarmas, etc.

Esta incorporación de nuevos equipos, ha supuesto una mayor complejidad en la instalación debido a la mayor densidad de cables, equipos, conexiones, programación, etc., dado que cada aparato funciona independientemente del resto, lo cual se traducirá en recurrentes intervenciones por parte del técnico e ingeniero responsable. Este problema requerirá una respuesta tecnológica que fuese capaz de:

- Disminuir el cableado.
- Aumentar la flexibilidad que permita una fácil ampliación y/o reconfiguración del sistema.
- Integrar los servicios y las instalaciones en un solo sistema, posibilitando la comunicación e interacción entre ellos.

Con los avances en los microprocesadores, la convergencia de la informática y las telecomunicaciones aparecen nuevas tecnologías en la automatización de las instalaciones eléctricas de vivienda y edificios.

Estas soluciones tecnológicas han configurado las características esenciales que requieren un sistema domótico e inmótico.

- Sencillez y fiabilidad.
- Flexibilidad y modularidad.
- Facilidad de ampliación.
- Estandarización.
- Sin mantenimiento.
- No alterar el estilo de vida del usuario.

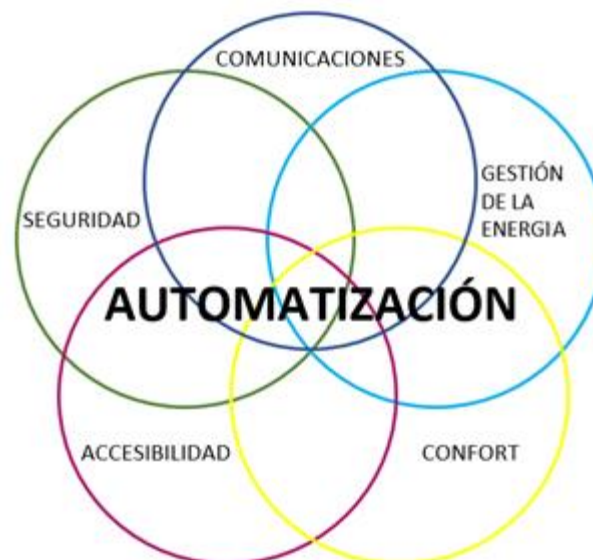
Además, en contra de lo que puede parecer en un principio, los costes de una instalación automatizada, a partir de cierta funcionalidad, son inferiores a los que requiere una instalación convencional.

### 3.2 ÁREAS DE APLICACIÓN

Un sistema automatizado (Domótico - Inmótico) proporciona una serie de funciones y ventajas que se pueden agrupar en cinco áreas:

- Área de comunicaciones.
- Área de gestión de la energía
- Área de confort
- Área de accesibilidad
- Área de seguridad

*Figura N° 12: Áreas de aplicación de la automatización*



**Fuente:** Elaboración propia

Es importante mencionar que un sistema estrictamente automatizado implica la participación de estas cinco áreas, así como la interacción entre ellas, aunque

muchas veces el usuario final solo necesita cubrir algunas de estas áreas de manera muy específica, deberá ser el proyectista quien tenga a bien informar las bondades de cada una y su utilidad.

### **3.2.1 ÁREA DE COMUNICACIONES**

Un buen control de las diferentes funciones de la edificación requiere disponer de un sistema de comunicación ágil que lo permita. El mando a distancia, el ordenador y, sobre todo, el teléfono móvil son algunos de los dispositivos que nos permiten esa versatilidad. De esta manera podemos, por ejemplo, controlar la calefacción, iluminación y electrodomésticos, desde nuestro teléfono móvil, desde fuera de la edificación, para que cuando se llegue a las instalaciones se disponga de un adecuado ambiente.

### **3.2.2 ÁREA DE GESTIÓN ENERGÉTICA**

Un sistema automatizado permite atender cada ambiente de la edificación, programando los diferentes dispositivos que se encuentran instalados, de acuerdo a las necesidades y los horarios más adecuados, para lograr un máximo rendimiento energético y económico de las instalaciones.

Por ejemplo, se puede optar por reducir el consumo en el horario conocido como horas punta, así también algunas funciones como las calefacción o iluminación se pueden programar para que funcionen de acuerdo a las estaciones del año.

### **3.2.3 ÁREA DE CONFORT**

Mediante la automatización se puede tener el control absoluto de la instalación eléctrica, pudiendo activar o desactivar las funciones programadas desde cualquier elemento de control o por teléfono móvil, pudiendo controlar entre otras:

- Controlar y programar el funcionamiento de los electrodomésticos.
- Programar o activar sistemas de riego.
- Controlar, programar y crear escenarios de iluminación en los diferentes ambientes de la edificación.
- Programar y controlar automáticamente la temperatura de los diferentes ambientes de la edificación.
- Programar la subida y baja de persianas en función al horario y/o evolución de las condiciones meteorológicas.

La programación de todas estas funciones no es permanente, ya que pueden ser reprogramadas de manera rápida y sencilla.

### **3.2.4 ÁREA DE ACCESIBILIDAD**

En esta aplicación la domótica persigue posibilitar el acceso de cualquier persona a cualquier entorno. La accesibilidad busca que en cualquier ambiente exista facilidad para la circulación, la aprehensión, la localización y la comunicación. Como por ejemplo la implementación de los sistemas de acción por voz, los sistemas de control remoto, sistemas de control crepusculares, etc. Los cuales permiten ejecutar cualquier tipo de acción mediante acciones remotas o automáticas.

Este tipo de aplicaciones han cobrado mucha importancia en los últimos tiempos ya que le da a la automatización un toque más humano, permitiendo el alcance de la tecnología a todas las personas especialmente a aquellas que tienen limitaciones físicas.

En la actualidad la automatización persigue la accesibilidad universal, cuya definición es la cualidad que tienen o se confiere a los entornos, en los que se puede disfrutar de bienes o servicios, según el contexto dado, con el fin de hacerlos adecuados a las capacidades, necesidades y expectativas de todos sus potenciales usuarios independientemente de su edad, sexo, origen cultural o grado de capacidad.

### **3.2.5 ÁREA DE SEGURIDAD**

Las funciones en materia de seguridad que nos permite contemplar un sistema automatizado son muy diversas y dependen del tipo de sensor que se emplee, pudiéndose contar con las siguientes funciones:

- Activar sistemas de alarmas mediante un sensor de presencia o de contacto.
- Detectar fugas de gas o inundaciones y cortar automáticamente el suministro mediante una electroválvula.
- Activar y desactivar a voluntad las tomas de corriente para evitar el consumo fantasma, cuando los equipos eléctricos no se estén utilizando.
- Programar y activar funciones de simulación de escenarios de presencia para cuando el usuario no esté dentro de su predio.

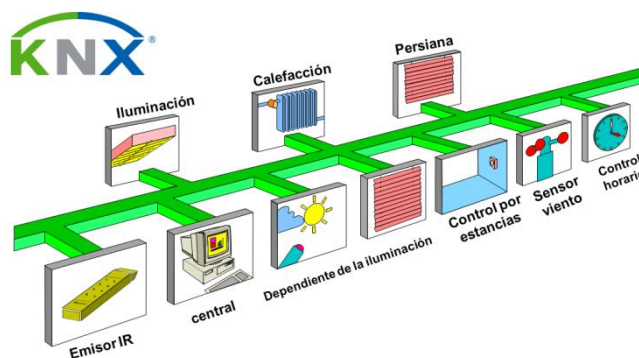
Programar sistemas de seguridad para personas mayores, discapacitadas o enfermas. Por ejemplo, servicios de teleasistencia, a través de los cuales estas personas mediante un pulsador de radiofrecuencia, al activarlos acceden a servicios de emergencia médica, policial, etc.

### 3.3 ARGUMENTOS DEL SISTEMA KNX

#### 3.3.1 EL ESTANDAR EIB

El EIB (European International Bus) es un sistema de bus descentralizado y controlado por eventos. Esto significa que los sensores detectan sucesos procedentes de pulsadores o motivados por cambios en la luminosidad, la temperatura, la humedad, movimientos, etc. Y envían telegramas a los actuadores, los cuales llevan a cabo las órdenes.

*Figura N° 13: Esquema del sistema KNX – EIB*



**Fuente:** <https://www.seas.es/blog/wp-content/uploads/2014/01/Qu%C3%A9-es-KNX.jpg>

El estándar EIB nació con el objetivo de contrarrestar las importaciones de productos similares que se estaban produciendo desde el mercado japonés y norteamericano, ya que estas tecnologías se habían desarrollado antes que en Europa. Así en 1990, los fabricantes líderes de la técnica de instalaciones eléctricas formaron el EIBA (Asociación del Bus de Instalación Europeo), con sede en Bruselas, con el objetivo de introducir un estándar en el mercado. Actualmente esta asociación está constituida por más de 110 empresas, que representan el 70% del mercado europeo de componentes para instalaciones.

#### 3.3.2 EL ESTANDAR KNX

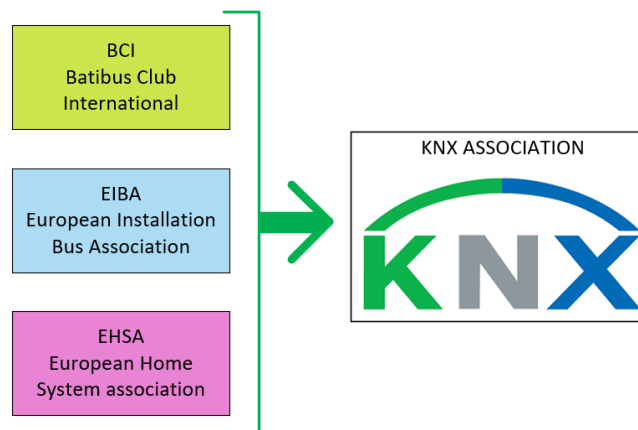
En mayo de 1999 surgió otra asociación llamada Konnex. Esta asociación es la creadora del estándar de bus KNX, una tecnología de bus normalizada para todas las aplicaciones en el control de las viviendas y edificios.



Esta tecnología se ha establecido tras más de diez años de experiencia en el mercado gracias a su predecesora BatiBus, EIB y EHS. Sus diferentes mecanismos de configuración y medio físico han sido integrados en la tecnología común KNX, esto a fin de asegurar una relación precio – funcionalidad adecuada para todos los tipos de edificios y aplicaciones. Esta unión persigue crear un único estándar universal para la automatización de edificios y viviendas.

KNX está basado en la tecnología y los protocolos núcleo del EIB y expande su funcionamiento añadiendo nuevos medios físicos y los modos de configuración de BatiBus y EHS.

**Figura N° 14:** Asociaciones que formaron Konnex



**Fuente:** Lexus

### 3.3.3 TIPOS DE SISTEMAS

Las características de un sistema KNX son las siguientes:

#### 3.3.3.1 SISTEMA CENTRALIZADO

Esto significa que no tiene ningún aparato de control central, por lo que cada componente tiene su propio microprocesador.

#### 3.3.3.2 PROTOCOLO ESTANDAR

Como se mencionó, todos los dispositivos de los diversos fabricantes y pertenecientes a funciones distintas que estén fabricados bajo el estándar KNX/EIB pueden unirse fácilmente para formar una instalación KNX/EIB.

#### 3.3.3.3 CABLEADO

Los diferentes medios físicos o medios de transmisión para la interconexión de dispositivos son:

### 3.3.3.3.1 PAR TRENZADO

Donde los equipos KNX se comunican mediante dos conductores de cobre aislados y trenzados entre sí. Existen dos tipos de pares trenzados TP0 y TP1.

### 3.3.3.3.2 ONDAS PORTADORAS

Donde los equipos KNX se comunican aprovechando la red eléctrica de 220V. También existen soluciones PL 110 y PL132.

### 3.3.3.3.3 RADIOFRECUENCIA

Donde la comunicación entre equipos se realiza a través del aire, sin necesidad de cables.

### 3.3.3.3.4 IP

Existen también la comunicación de mediante la red local de internet.

**Tabla N° 101:** Áreas de aplicación para los distintos medios de transmisión

| ÁREAS DE APLICACIÓN PARA LOS DISTINTOS MEDIOS DE TRANSMISIÓN EIB |   |   |   |
|--|---|---|---|
| MEDIO  | TRANSMISIÓN DE VIA                      | ÁREAS PREFERIDAS DE APLICACIÓN  | VELOCIDAD DE TRANSMISIÓN                          |
| Twister pair (par trenzado)                                      | Bus de control independiente            | Nuevas instalaciones y grandes renovaciones. Nivel máximo de fiabilidad de la transmisión       | TP-0 4800 bits/s (ha sido tomado del Batibus)     |
|  |   |   | TP-1 9600 bits/s (ha sido tomado del EIB)         |
| Power line (ondas portadoras)                                    | Red existente (debe disponer de neutro) | En lugares donde no se necesita un cable de control adicional y hay disponible un cable de 220V | PL-110 1200 bits/s                                |
|  |   |   | PL-132 2400 bits/s (ha sido tomado del EHS)       |
| Radio frecuencia   | Radio                                   | En lugares donde no se desea o no se puede instalar cableado                                    | RF 38,4 kbits/s (ha sido tomado del estandar KNX) |

**Fuente:** Lexus

### 3.3.3.4 FLEXIBILIDAD

La instalación en una edificación se puede realizar de un modo más sencillo desde el principio, y después se puede ampliar y modificar simplemente cambiando los parámetros de la programación de los componentes del bus, sin necesidad de un nuevo cableado.

### 3.3.3.5 TOPOLOGÍA

El sistema puede estar constituido mediante una estructura de bus (forma más habitual), en estrella, en árbol o mixta. Sin embargo, está totalmente prohibida la creación de bucle cerrado estructura en anillo.

### 3.3.4 TIPOS DE CONFIGURACIÓN

Según se compre el dispositivo y lo que indique el fabricante, podrá configurarse de las siguientes formas:

#### 3.3.4.1 EASY - MODE (E-MODE)

Método pensado para el instalador cualificado, con conocimientos básicos sobre la tecnología bus. Los productos con esta tecnología tienen habitualmente una

funcionalidad limitada y están concebidos para instalaciones de tamaño medio. La configuración se realiza sin la ayuda de una PC, sino mediante un control central, pulsadores, etc.

#### **3.3.4.2 AUTOMATIC - MODE (A-MODE)**

Método habitual para el usuario final, instalaciones pequeñas. La configuración se realizará automáticamente, es decir, al integrar el aparato en la instalación Plug & Play.

#### **3.3.4.3 SYSTEM - MODE (S-MODE)**

Este sistema es idóneo para proyectistas e instaladores KNX certificados y para grandes instalaciones. El diseño y la instalación se realizan a través de una PC que cuente con el software ETS instalado, donde los datos de los productos de los fabricantes están contenidos en una base de datos.

### **3.3.5 SOFTWARE DE PROGRAMACIÓN**

El software ETS (Engineering Tool Software) es la única herramienta de software independiente proporcionada por el fabricante para diseñar y configurar instalaciones automatizadas con el sistema KNX.

Existen tres versiones del software ETS, una destinada a satisfacer las necesidades de cada usuario. El ETS 5 profesional posibilita la configuración y el mantenimiento a distancia de instalaciones vía internet y ETS, las tres versiones son las siguientes:

#### **3.3.5.1 ETS 5 - TESTER**

No tiene posibilidad de acceso al bus.

#### **3.3.5.2 ETS 5 - STARTER**

Está destinada a usuarios que no tienen una formación certificada, está limitada a 64 aparatos.

#### **3.3.5.3 ETS 5 - PROFESSIONAL**

Está destinada a usuarios que tiene formación certificada, no hay limitación en el número de aparatos.

Si en la etiqueta del dispositivo adquirido aparecen los logos EIB y KNX, significa que dicho aparato aporta el medio de transmisión TP1 y que puede ponerse en marcha con el software ETS.

Figura N° 15: Software ETS 5 - Professional



Fuente: <https://www.pinterest.com/pin/342977327863466253/>

### 3.3.6 ESTRUCTURA DEL SISTEMA EIB

El sistema de bus se adapta fácilmente al tamaño de la instalación y a las funciones que tiene que realizar. El bus puede ampliarse hasta interconectar unos 60.000 aparatos de BUS. Para entender la lógica del funcionamiento del sistema EIB, y por lo tanto poder planificar y ejecutar su instalación y configuración, es necesario conocer la estructura básica del sistema, basado en una definición de líneas aéreas.

#### 3.3.6.1 LINEAS

La unidad más pequeña del bus KNX se conoce como segmento de línea.

La línea forma la unidad de instalación más pequeña, pero tiene que cumplir las siguientes condiciones:

- Máximo número de segmentos de línea: 4
- Máximo número de dispositivos (sin repetidores): 64
- Máximo número de fuentes de alimentación (por línea o segmento de línea)
- Distancia máxima de la fuente al componente: 350m
- Distancia máxima entre dos componentes: 700m
- Longitud total máxima del conductor: 1000m

Finalmente, el número real de aparatos conectados va a depender de la fuente de alimentación seleccionada y del consumo de cada aparato individual.

Cada línea, incluyendo la principal, debe tener su propia fuente de alimentación, lo que garantiza que, incluso si hay un fallo en una línea, el resto del sistema puede continuar funcionando.

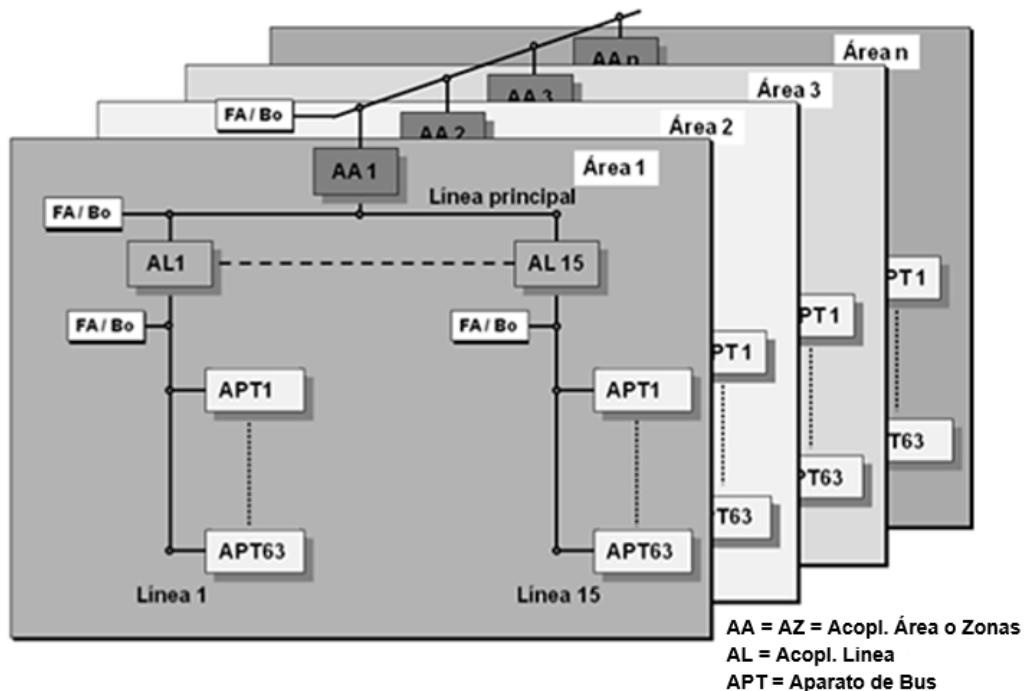
### 3.3.6.2 ZONAS Y ÁREAS

Si se va a emplear más de una línea o si se va a elegir una estructura deferente, podrán conectarse hasta 15 líneas a línea principal por medio de acopladores. Esto es lo que se denomina zona o área. Una zona puede albergar, como máximo 15 líneas.

Cada línea incluyendo la línea principal, debe tener su propia fuente de alimentación, lo que garantiza que, incluso si hay un fallo en una línea, el resto del sistema pueda continuar funcionando.

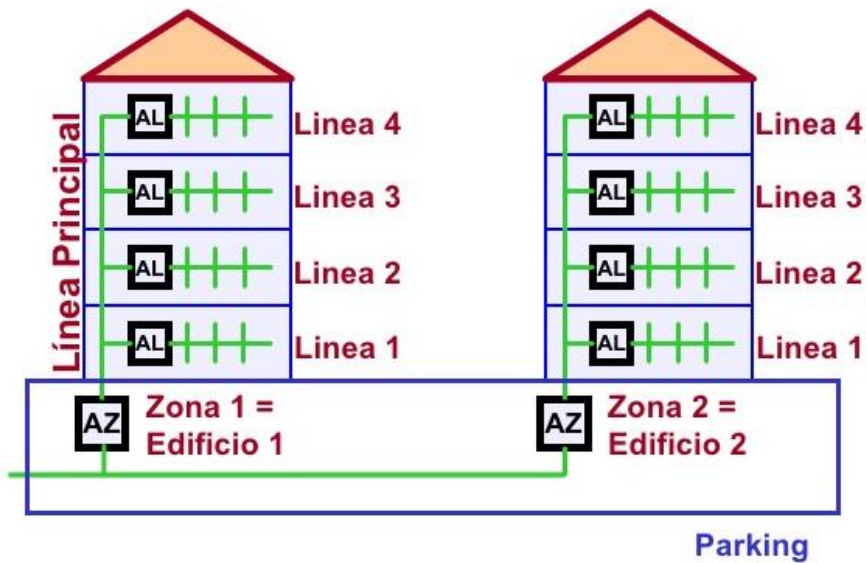
Mediante acopladores de área es posible conectar hasta 15 áreas por medio de líneas de área.

Figura N° 16: Topología del BUS TP / KNX



Fuente: Lexus

Figura N° 17: Distribución de áreas y líneas

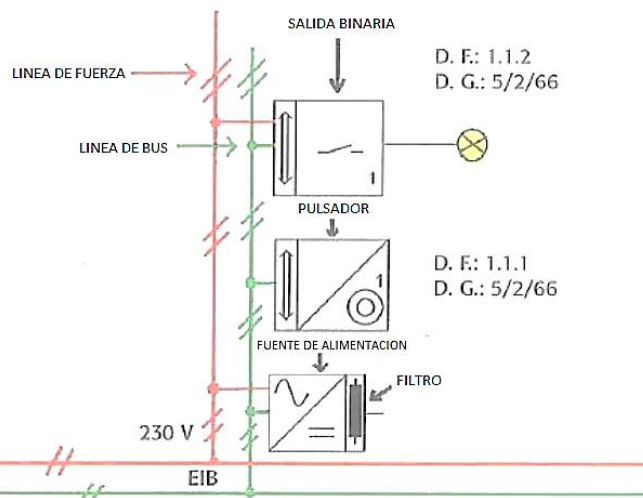


Fuente: Elaboración propia

### 3.4 COMPONENTES DEL SISTEMA KNX

Los dispositivos de un sistema KNX pueden ser elementos del sistema como fuentes de alimentación, acopladores o amplificadores, sensores, actuadores y controladores. En el desarrollo del diseño de las instalaciones eléctricas y especiales emplearemos los componentes fabricados por la marca ABB, bajo el estándar KNX, debido a que, de todas las marcas de fabricantes de componentes eléctricos para protección y control de circuitos eléctricos de instalaciones en edificaciones, es la más conocida en nuestro mercado.

Figura N° 18: Instalación con KNX bloque I



Fuente: Elaboración propia

### 3.4.1 FUENTES DE ALIMENTACIÓN

En una instalación mediante bus de datos, cada línea tiene su propia, alimentación de corriente para sus componentes, lo que garantiza que, si aparece un fallo en una línea, el resto del sistema pueda continuar funcionando; también si existiese algún fallo de cualquier elemento de una línea, el resto de aparatos siga funcionando.

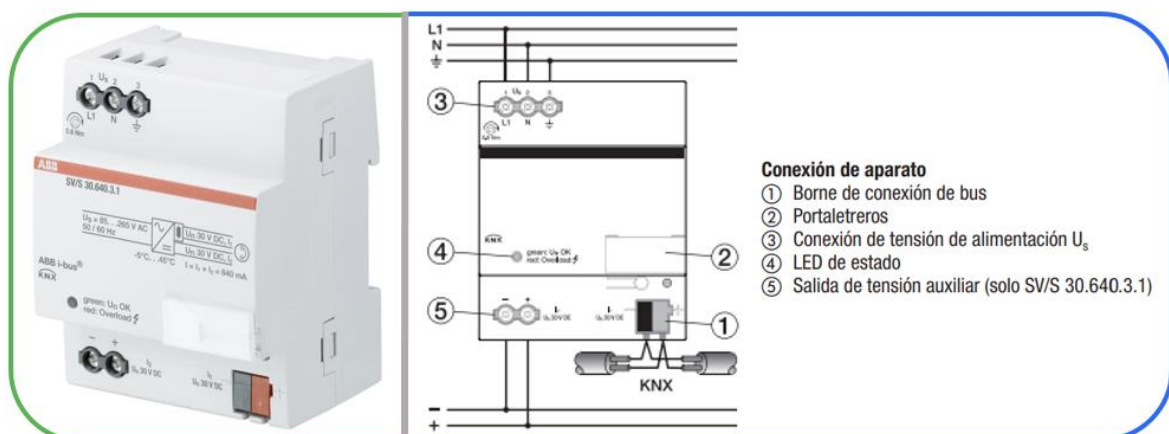
Las fuentes de alimentación tienen regulaciones de tensión y corriente, por lo que son resistentes a los cortocircuitos. Además, son capaces de salvar microcortes de la red, ya que tienen un tiempo de reserva de 100 milisegundos.

Un aspecto importante del estándar KNX es la forma en que se discriminan los datos, ya que estos circulan por el mismo cable que la alimentación (BUS). Por ello, la fuente de alimentación está conectada al bus a través de una bobina o filtro, evitándose de esta manera que la información entre en la fuente.

La absorción de potencia representa aproximadamente 150mW por componente, aunque algunos aparatos pueden llegar a consumir 200mW, es por este motivo que pueden instalarse dos fuentes de alimentación en paralelo si fuera necesario, siempre que se emplee una bobina común. De esta forma aumenta la corriente admisible en el bus a 500mA.

También será necesario añadir otra fuente en el caso de que se instale más de 30 componentes sobre un cable de pequeña longitud. En cualquier caso, la distancia máxima entre dos fuentes debe ser de 200m y el número máximo de fuentes por línea deben de ser dos como máximo.

**Figura N° 19:** Fuente de alimentación de 640mA



Fuente: *Elaboración propia*



### 3.4.2 ACOPLADORES

La función de los acopladores es hacer posible la interconexión e intercambio de información entre los diferentes aparatos del sistema. Podemos distinguir entre:

#### 3.4.2.1 ACOPLADORES DE ZONA

Hacen posible la interconexión e intercambio de información entre las distintas zonas.

#### 3.4.2.2 ACOPLADORES DE LINEA

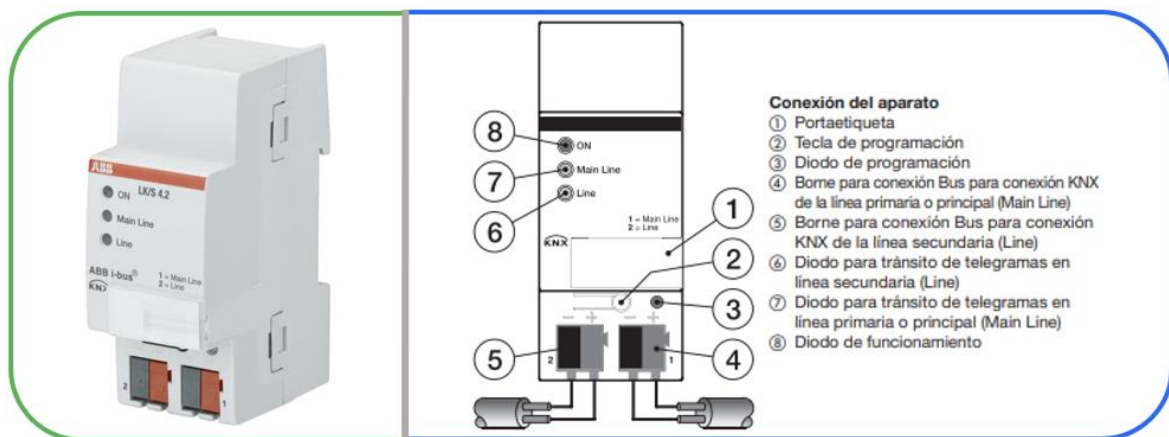
Hacen posible la interconexión e intercambio de información ente las distintas líneas.

#### 3.4.2.3 ACOPLADORES DE AMPLIACIÓN O REPETIDORES

Ejercen una función de amplificación Con lo que es posible configurar líneas de bus de más de 64 aparatos.

Debemos aclarar que los aparatos acopladores de línea, zona y repetidores son los mismos, la diferencia entre ellos radica en su dirección física, en los parámetros que les demos al momento de la programación.

**Figura N° 20:** Acoplador de área o zona, de línea y amplificador o repetidor



**Fuente:** Elaboración propia

### 3.4.3 UNIDAD DE ACOPLAMIENTO AL BUS

Este componente materializa la conexión entre el BUS KNX/EIB y el módulo de aplicación. Es evidente que este módulo de aplicación tiene que ser de tipo sensor o actuador y siempre debe de estar enchufado al acoplador.

La unidad de acoplamiento al bus BCU (Bus Coupling Unit) es la parte de un componente necesario para enviar y recibir telegramas. El acoplador analiza el



telegrama que llega del bus y lo transmite al módulo de aplicación en forma de orden. En este sentido contrario, es el módulo quien manda la orden al acoplador, y este la convierte en telegrama que pasa por el bus.

**Figura N° 21:** Unidad de acoplamiento al bus y sus posibles conexiones



**Fuente:** Elaboración propia

### 3.4.3.1 EL CONTROLADOR DE ACOPLAMIENTO (CAB)

Este controlador consiste en un microprocesador ( $\mu$ P) con los siguientes tipos de memoria:

#### 3.4.3.1.1 ROM:

Esta memoria permanente contiene el software del sistema.

#### 3.4.3.1.2 RAM:

Esta memoria volátil contiene, durante el funcionamiento del bus, los valores temporales del sistema y la aplicación. Cuando se desconecta el componente del bus, se pierden los valores del mismo.

#### 3.4.3.1.3 EEPROM:

Esta memoria permanente y borrable eléctricamente contiene el programa físico y las direcciones de grupo. Se carga mediante el software ETS.

#### 3.4.3.1.4 EL MÓDULO DE TRANSMISIÓN:

El módulo de transmisión TP1 tiene las siguientes funciones:

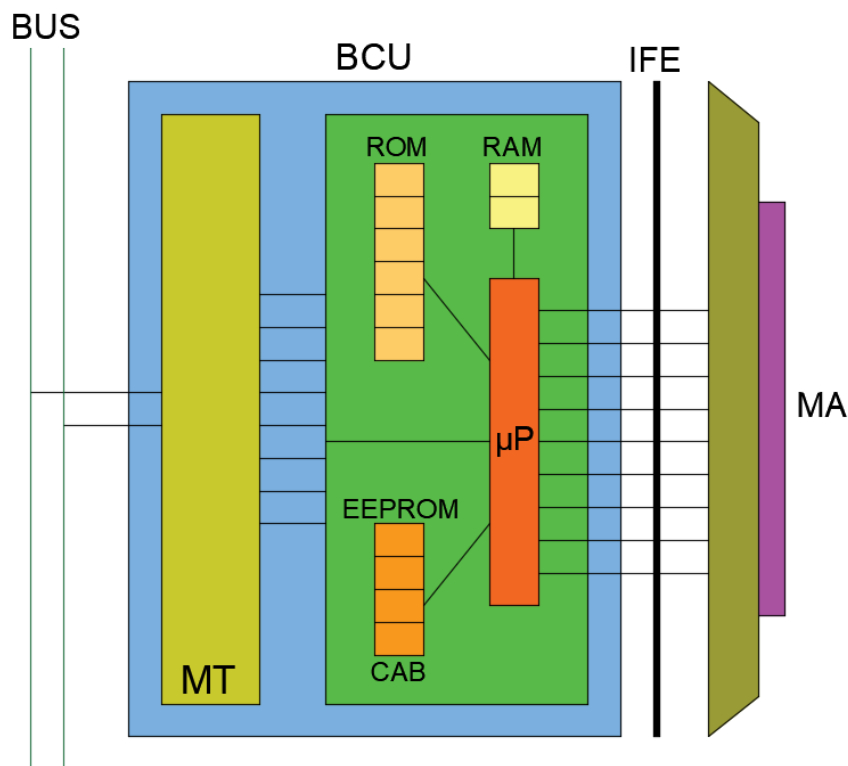
Separar o superponer la tensión continua y los datos en función de si recibimos o enviamos un telegrama respectivamente.

- Proteger sobre la inversión de la polaridad RPP.
- Generar una tensión estabilizada de 5 a 24 voltios.

- Iniciar la copia de seguridad o back up de los datos si la tensión desciende por debajo de los 18 voltios.
- Provocar que se reinicie el procesador, reset, si la tensión desciende por debajo de 4.5 voltios.
- Controlar la transmisión y recepción. Imponer lógica de transmisión y recepción.

En la siguiente figura podemos apreciar el acoplador de bus, y algunas de las posibles unidades que se pueden conectar a él, como: pulsadores, detectores de movimiento, termostatos, displays, etc. La unidad de aplicación se conecta al acoplador del bus a través del IFE.

**Figura N° 6:** Esquema del interior de una unidad de acoplamiento al bus (CBU)



**Fuente:** Elaboración propia

### 3.4.4 INTERFAZ FÍSICA EXTERNA (IFE)

La IFE es la encargada de conectar el acoplador del bus a la unidad de aplicación cuando éstos están separados. La IFE es un conector estandarizado que cuenta con una serie de pines.

- 5 pines se utilizan para intercambiar datos entre ambas partes.
- 3 pines para la alimentación del módulo de aplicación.

- 1 pin con el que, utilizando una resistencia en el módulo de aplicación, la BCU puede detectar si se ha colocado el módulo de aplicación adecuado, con el programa de aplicación introducido en la BCU. Cuando esta resistencia no se corresponda con el tipo de programa de aplicación cargado, el acoplador al bus detiene automáticamente el programa de aplicación.

En la siguiente se muestra los tipos más importantes de IFE:

**Tabla N° 113:** *Los tipos más importantes de IFE*

| TIPO | TENSIÓN (V) | FUNCIÓN   |
|------|-------------|---|
| 0    | 0.00        | Ningún módulo de aplicación conectado                 |
| 2    | 0.50        | 4 entradas binarias/analógicas - 1 salida binaria     |
| 4    | 1.00        | 2 entradas binarias/analógicas - 2+1 salidas binarias |
| 6    | 1.50        | 3 entradas binarias/analógicas - 1+1 salidas binarias |
| 12   | 3.00        | Sincrono de serie                                     |
| 14   | 3.50        | Sincrono en serie longitud fija                       |
| 16   | 4.00        | Asincrono en serie                                    |
| 19   | 4.75        | 4+1 salidas binarias                                  |
| 20   | 5.00        | Descarga  |

**Fuente:** Lexus

### 3.4.5 MÓDULO DE COMUNICACIÓN

Este dispositivo permite conectar el sistema a una PC mediante un conector SUB D de 9 polos (conexión – serie), o USB. A través de esta entrada se puede programar, parametrizar, direccionar o diagnosticar cualquier dispositivo del bus, además de controlar el sistema mediante el programa de visualización.

### 3.4.6 BLOQUE DE CONEXIÓN AL BUS

El bloque de conexión al bus permite quitar aparatos del bus sin interrumpir el cable de bus. Se compone de dos partes:

- La parte positiva (roja)
- La parte negativa (gris o negra)

En ambas partes se puede conectar hasta cuatro conductores bus por medio de terminales sin tornillo.

Algunas de sus aplicaciones son las siguientes:

- Ramificar el cable de Bus.
- Extender el cable de Bus.

- Proteger los extremos del cable de Bus.
- Conectar el cable del Bus a aparatos bus de montaje tanto empotrado como superficial.

**Figura N° 22:** Terminales de conexión al bus



**Fuente:** Editex

### 3.4.7 SENSORES

Los sensores son los encargados de captar cualquier tipo de cambio físico en el interior de la edificación y transmitir la información a la unidad de control, para que actúe en consecuencia.

Generalmente los sensores que se utilizan son del tipo para empotrar en cajas de mecanismos universales, pero también hay en formato para montar en carril DIN.

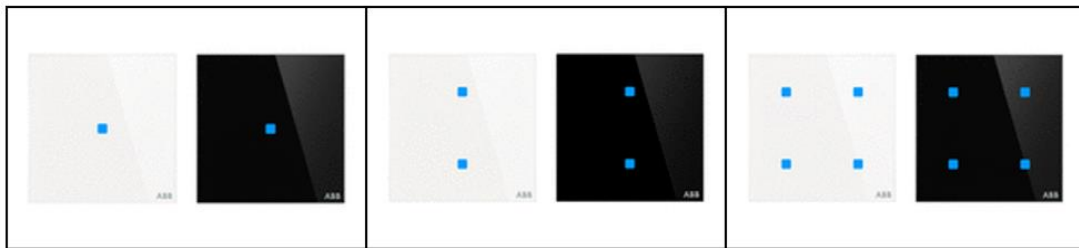
Los sensores son elementos que van asociados siempre a un acoplador de bus. La conexión entre acoplador de bus y el sensor se realiza mediante un conector de 10 pines denominado AST.

Al momento de programar el sistema KNX, existe la posibilidad de hacer que un mismo sensor puede servir para accionar varias funciones, entre las cuales podemos mencionar:

#### 3.4.7.1 PULSADORES

Los hay de diferentes tipos, como son programables, según se establezcan en los parámetros, las pulsaciones de sus teclas provocarán telegramas de accionamiento o regulación. Todos ellos disponen también de un LED de indicación del estado de funcionamiento.

**Figura N° 23:** Pulsadores KNX tipo tacteo simple, doble y cuádruple



**Fuente:** Catalogo ABB

### 3.4.7.2 DETECTORES DE PRESENCIA

Este dispositivo reacciona a los cambios que se producen dentro de su campo de acción, como por ejemplo cambios de temperatura, el movimiento de personas y, en función de estos y de su programación, envían telegramas de accionamiento al instabus.

Como estos aparatos detectan movimientos de calor, es importante procurar que dentro de su campo de detección no queden objetos que puedan provocar falsos accionamientos, como por ejemplo lámparas, radiadores, ventiladores, etc.

**Figura N° 24:** Tipos de sensores de presencia KNX

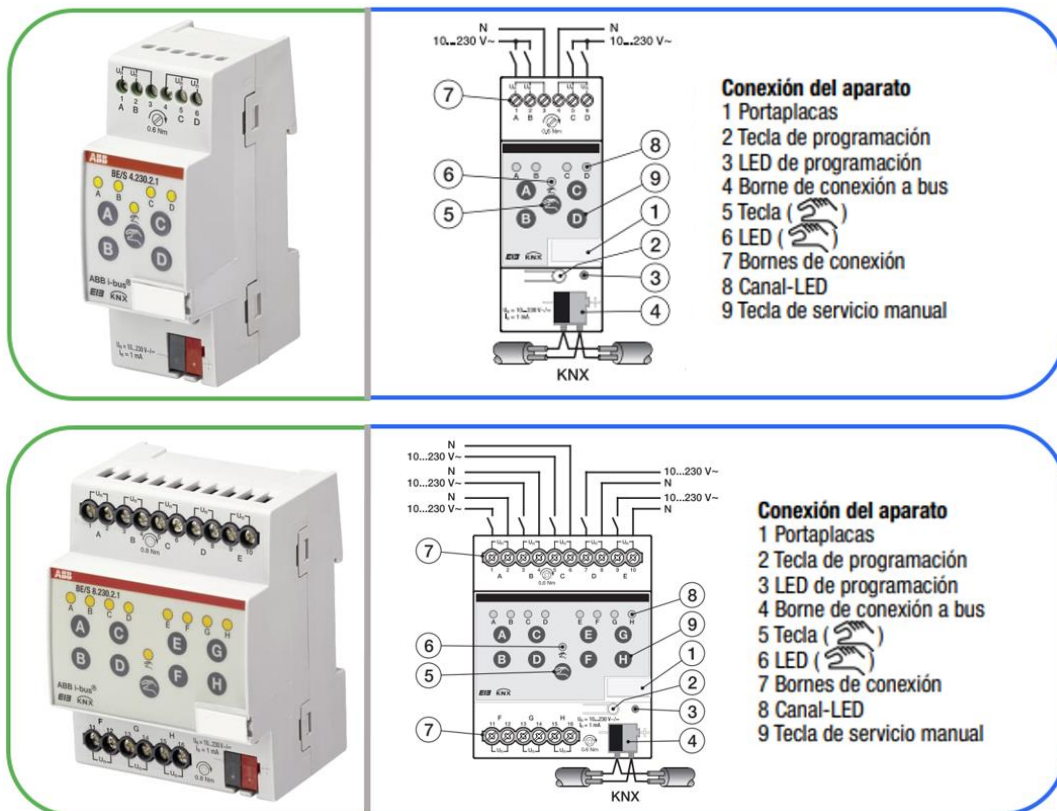


**Fuente:** Catalogo ABB

### 3.4.7.3 ENTRADAS BINARIAS

Las entradas envían telegramas al bus en función de las señales de 220V que recibe de sus cuatro entradas. Dichos telegramas pueden ser de accionamiento, regulación, control de persianas, envío de valores de 1 a 2 bytes o auxiliar de escenas. Es un elemento muy interesante cuando queremos mantener los pulsadores e interruptores convencionales de una instalación.

Figura N° 25: Tipos de entradas binarias



Fuente: Elaboración propia

### 3.4.7.4 SENSORES DE LUMINOSIDAD

En función del nivel de luminosidad ambiente, este sensor envía al bus telegramas de accionamiento, regulación o monitorización. El dispositivo consta de un sensor de luz que va unido al dispositivo decodificador mediante un cable de 2 metros de longitud. El decodificador lee el nivel de luz ambiente existente a través del sensor y ajusta la iluminación a un nivel constante según se haya consignado.

Figura N° 26: Sensor de luminosidad KNX, tipo interior

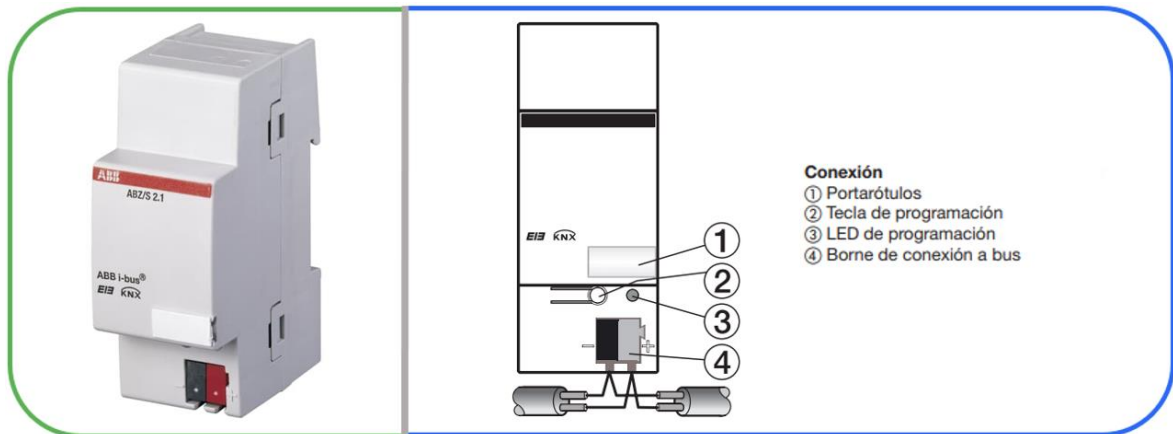


Fuente: Catalogo ABB

### 3.4.7.5 RELOJES PROGRAMABLES

Se trata de un programador capaz de transmitir diferentes direcciones de grupo al bus en función de una programación temporal. Pueden ser diarios, semanales o anuales, Con la adecuada parametrización, este dispositivo es capaz de enviar como de recibir la fecha y hora a través del bus.

*Figura N° 27: Modulo programable KNX*



**Fuente:** Catalogo ABB

### 3.4.7.6 TERMOSTATOS

Sirven para medir y regular la temperatura ambiental a través del sistema KNX/EIB. Permiten realizar tanto una regulación continua de temperatura como una regulación IN/OFF simple.

*Figura N° 28: Termostato táctil KNX*



**Fuente:** Catalogo ABB

### 3.4.8 ACTUADORES

Son dispositivos encargados de realizar el control de algún elemento del sistema, como por ejemplo electroválvulas (suministros de agua, gas, etc.), motores



(persianas, puertas, etc.), sirenas de alarmas, reguladores de luz, etc. En el sistema KNX/EIB, el actuador recibe el telegrama del bus de datos y realiza su cometido, que dependerá del tipo de actuador que estamos programando.

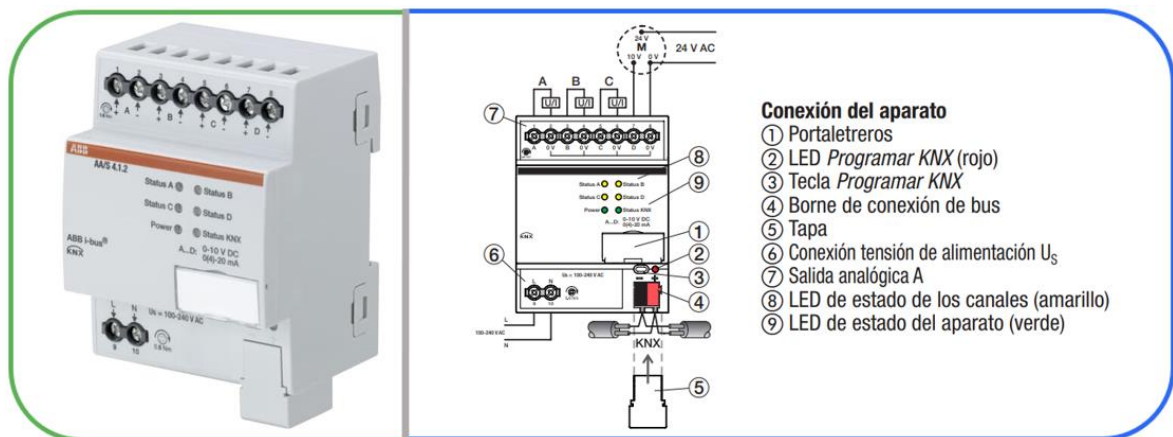
Los actuadores también pueden ser asociados a un módulo acoplador al bus, aunque generalmente estos van integrados con el elemento.

Entre los actuadores más empleados podemos mencionar:

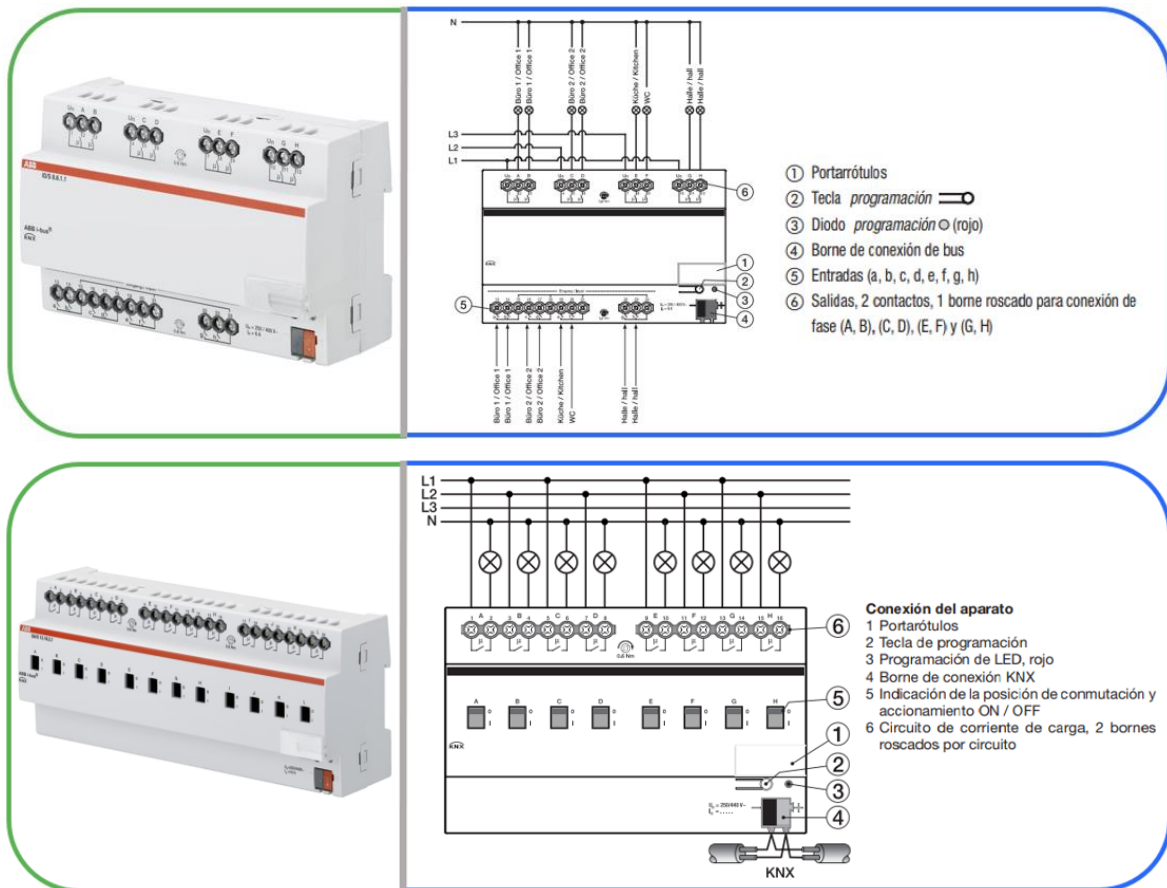
### 3.4.8.1 ACTUADOR BINARIO

Este actuador recibe el telegrama a través del bus y, en función de estos, cierra sus contactos de salida libres de potencial, que pueden funcionar en modo normalmente abiertos o cerrados, según se parametrize. Dependiendo de los parámetros configurados, cada una de sus dos salidas puede ser accionada directamente, con retardo a la conexión o desconexión, a modo de impulso temporal, o bien se le puede asociar una función lógica o de reenvío de estado. Hay actuadores binarios desde una hasta doce salidas, según la necesidad del proyecto.

Figura N° 29: Actuadores binarios KNX





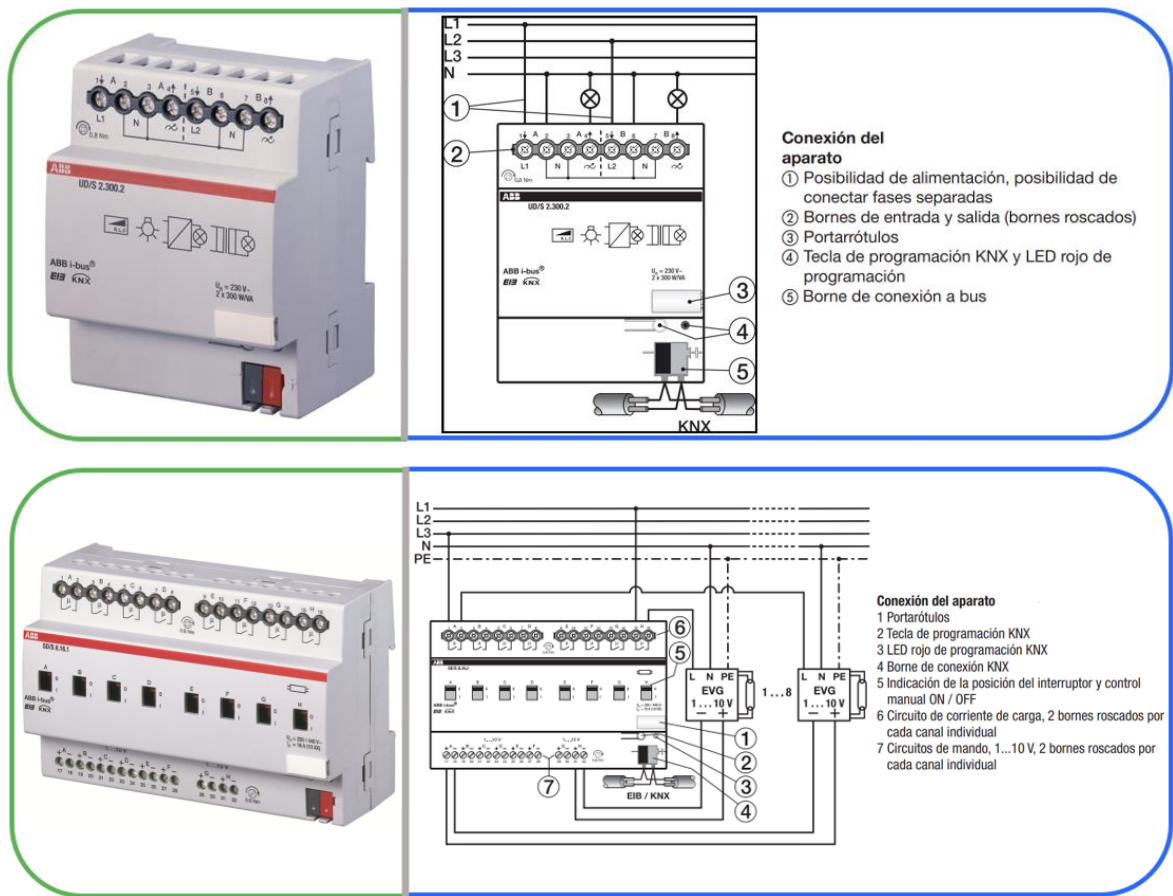


Fuente: Elaboración propia

### 3.4.8.2 ACTUADOR REGULADOR (DIMMER)

El actuador regulador de iluminación recibe telegramas de accionamiento a través del instabus y, en función de éstos, actúa sobre el grupo de iluminación que tenga conectado a su salida. Se pueden controlar distintos tipos de cargas, tales como halógenas de 220V o de bajo voltaje con transformador electrónico, o incandescentes. La potencia máxima de este actuador se puede ampliar mediante el uso de amplificadores de potencia para transformador electrónico.

Figura N° 30: Actuadores dimmer KNX



Fuente: Elaboración propia

### 3.4.8.3 MODULO DE ESCENAS

En este módulo se puede guardar hasta cuatro escenas que pueden ser recuperadas mediante telegramas de rellamada. Una escena consiste en ajustes de conmutación/regulación, que puedan combinarse opcionalmente.

Figura N° 31: Modulo de escenas

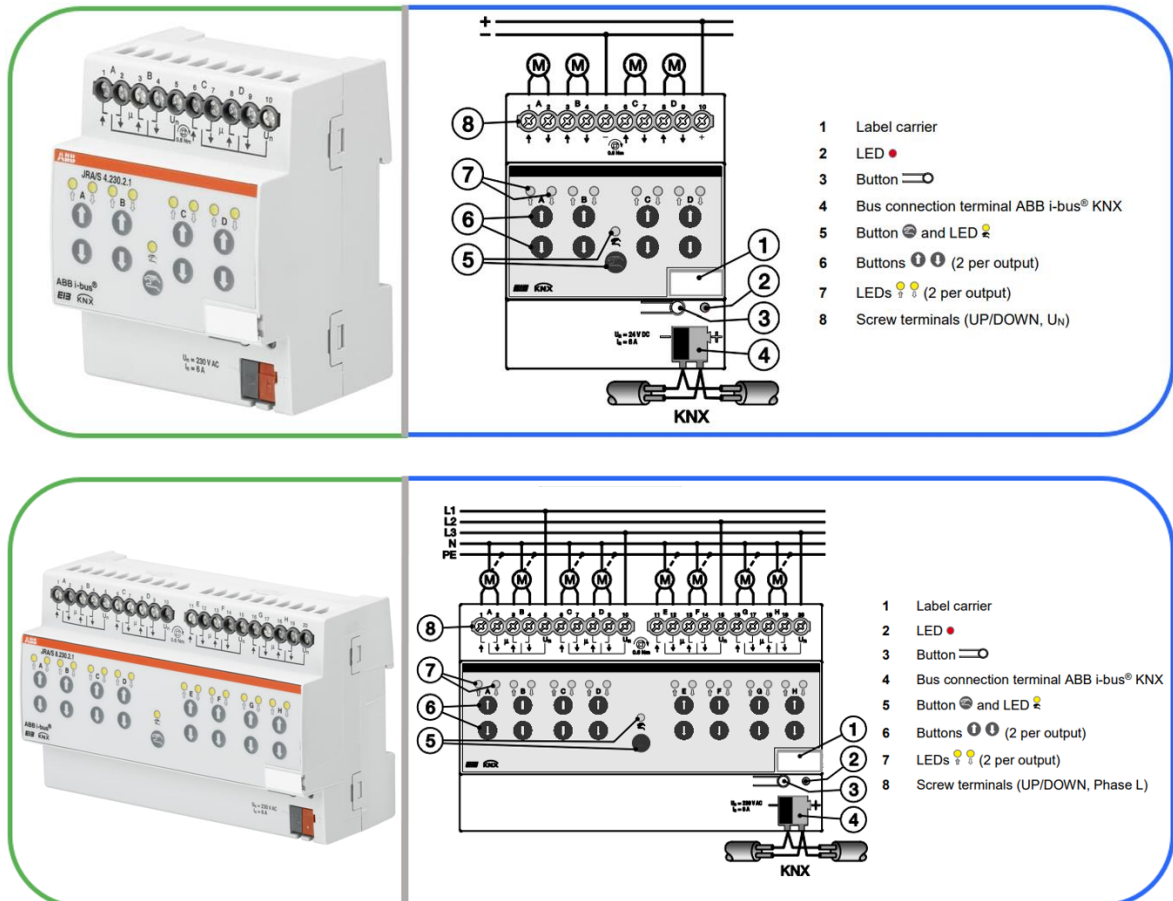


Fuente: ABB

### 3.4.8.4 ACTUADORES DE PERSIANAS

Este actuador recibe telegramas del bus y, en función de estos, es capaz de manejar hasta desde hasta un motor hasta seis motores de persianas totalmente independientes. Como los actuadores de persianas es capaz de ejecutar comandos de accionamiento corto y de accionamiento largo.

Figura N° 32: Actuador persianas



Fuente: Elaboración propia

### 3.4.9 OTROS DISPOSITIVOS

Es importante mencionar otros dispositivos que pueden ser instalados de manera opcional y que permiten completar una instalación KNX/EIB.

#### 3.4.9.1 MODULO TELEFÓNICO

Este dispositivo permite actuar sobre el instabus de forma remota. Así, a través de la línea telefónica podemos activar o desactivar funciones, así como recibir mensajes en caso de alarma.

Figura N° 33: Interface de conexión



Fuente: ABB

### 3.4.9.2 INFODISPLAY

Se trata de un display LCD retroiluminado que recibe telegramas a través del instabús en función de los cuales muestra mensajes previamente programados o bien valores. También permite enviar comandos de accionamiento, regulación, control de persianas o valores al bus a través de sus teclas, las cuales son de libre configuración. El infodisplay debe ir conectado a un acoplador de bus empotrable y se tiene que instalar un software que quedara permanentemente dentro de él.

### 3.4.10 SIMBOLOGÍA

Figura N° 34: Leyenda de símbolos

| LEYENDA COMPONENTES KNX- EIB |  |                           |                                |
|------------------------------|--|---------------------------|--------------------------------|
| EQUIPO                       | DESCRIPCIÓN                                      | ALTURA DE MONTAJE S.N.P.T | SALIDA TIPO DE CAJA F*G* (mm.) |
|                              | SENSOR TÁCTIL PULSADOR SIMPLE                    | 1.40m EJE                 | 100 X 55 X 40 RECTANGULAR      |
|                              | SENSOR TÁCTIL PULSADOR DOBLE                     | 1.40m EJE                 | 100 X 55 X 40 RECTANGULAR      |
|                              | SENSOR TÁCTIL PULSADOR TRIPLE                    | 1.40m EJE                 | 100 X 55 X 40 RECTANGULAR      |
|                              | SENSOR TÁCTIL PULSADOR DIMMER SIMPLE             | 1.40m EJE                 | 100 X 55 X 40 RECTANGULAR      |
|                              | SENSOR TÁCTIL PULSADOR DIMMER DOBLE              | 1.40m EJE                 | 100 X 55 X 40 RECTANGULAR      |
|                              | SENSOR TÁCTIL CENTRALIZADO SIMPLE                | 1.40m EJE                 | 100 X 55 X 40 RECTANGULAR      |
|                              | SENSOR TÁCTIL PULSADOR SIMPLE PARA PERSIANA      | 1.40m EJE                 | 100 X 55 X 40 RECTANGULAR      |
|                              | SENSOR TÁCTIL PULSADOR DOBLE PARA PERSIANA       | 1.40m EJE                 | 100 X 55 X 40 RECTANGULAR      |
|                              | TRANSMISOR IR_INFRARROJO                         |                           | 100 X 55 X 40 RECTANGULAR      |
|                              | RECEPTOR IR_INFRARROJO                           |                           | 100 X 55 X 40 RECTANGULAR      |
|                              | RECEPTOR IR_INFRARROJO CON PULSADOR SIMPLE       |                           | 100 X 55 X 40 RECTANGULAR      |
|                              | DECODIFICADOR IR_INFRARROJO                      |                           | 100 X 55 X 40 RECTANGULAR      |
|                              | RECEPTOR/DECODIFICADOR IR                        |                           | 100 X 55 X 40 RECTANGULAR      |
|                              | SENSOR DE LUMINOSIDAD                            |                           | 100 X 55 X 40 RECTANGULAR      |
|                              | DETECTOR DE LUMINOSIDAD, INTERRUPTOR CREPUSCULAR |                           | 100 X 55 X 40 RECTANGULAR      |

Fuente: Elaboración propia

### 3.5 INSTALACIÓN

#### 3.5.1 PRESENTACIÓN DE LOS COMPONENTES

Los diferentes componentes presentan, según su modo de instalación las siguientes opciones:

##### 3.5.1.1 MONTAJE EN CARRIL DIN

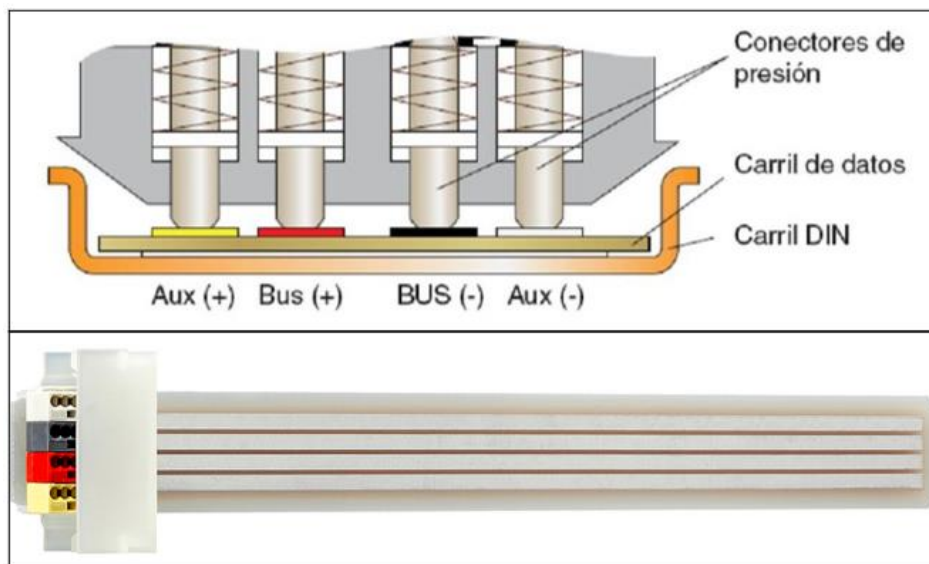
Pueden ser del tipo compacto o modular. El carril de datos es necesario para conectar al BUS KNX TP-1 los aparatos de montaje en carril DIN, como por ejemplo la fuente de alimentación, la bobina, etc.

El carril de datos es autoadhesivo y se monta en carril DIN de 35mm según EN 50022. Las longitudes de los carriles de datos se adaptan las diferentes anchuras de los tableros normalizados.

Los aparatos bus se acoplan en el carril DIN mediante contactos a presión, que aseguran una correcta conexión al bus.

Las partes del carril de datos que no se utilizan deben de protegerse de la suciedad y del contacto accidental con los cables de fuerza, cubriéndolos con una cubierta para carril de datos.

**Figura N° 35:** Carril de datos DIN para componentes KNX



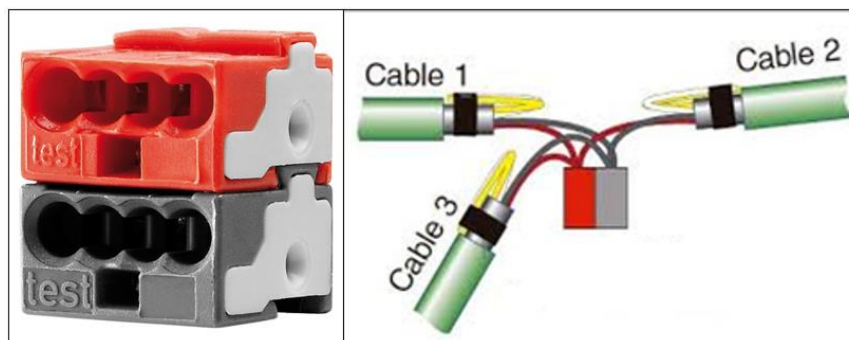
**Fuente:** Elaboración propia

### 3.5.2 PROCESO DE LA INSTALACIÓN

El cable conductor de bus puede tenderse por el mismo recorrido que los cables de energía y puede empalmarse y derivarse de la misma forma, teniendo en cuenta lo que estipula el CNE-U y el RNE, sobre tendido de cables de diferentes tensiones.

La unión de conductores se efectuará mediante bloques de conexión, de manera que el borne se conecta al componente y su retirada no interrumpe la continuidad del conductor, tal como se muestra en la siguiente figura:

**Figura N° 36:** Conexión de cables de bus KNX



**Fuente:** Elaboración propia

El cable conductor PYCYM 2x2x0.5mm tiene una sección por hilo de 0.5mm<sup>2</sup> y, por ello, una característica del bucle de 72W/km.

**Figura N° 37:** Tipos de cable de bus (TP) KNX

|  |  |
|--|--|
| <p><b>YCYM 2x2x0.8</b><br/>                 Instalación fija;<br/>                 locales secos, húmedos y mojados;<br/>                 exterior (si está protegido contra la radiación directa del Sol);<br/>                 montaje superficial y empotrado, en conductos<br/>                 Tensión de prueba: 4 kV según DIN VDE 0829</p> | <p><b>I Y(St) Y 2x2x0.8 VDE 0815</b><br/>                 Instalación fija;<br/>                 sólo en interior;<br/>                 montaje empotrado, en conductos<br/>                 Tensión de prueba : 2.5 kV según DIN VDE 0829</p> |
|  |  |

**Fuente:** [https://es.slideshare.net/JLCC\\_2009/instalaciones-domticas-con-knx](https://es.slideshare.net/JLCC_2009/instalaciones-domticas-con-knx)

Este tipo de cable dispone de dos pares: uno de ellos dedicado a la transmisión de señal y el segundo no es utilizado, pero cuando puede ser necesario en algunos casos. Por ejemplo, imaginemos que se nos rompe uno de los cables del bus. Si



no dispusiéramos del segundo par, tendríamos que cambiar todo el cableado de ese tramo, de esta forma se podría emplear el segundo par de cables como un bus de respaldo.

En el diseño de una línea de bus se deben de respetar las siguientes longitudes de conductores a fin de evitar caídas de tensión y garantizar un correcto funcionamiento.

**Tabla N° 12:** Longitudes máximas de tendido de cable de BUS

| LONGITUDES DE CABLE DE BUS                           |        |
|--|--------|
| Máxima longitud de fuente de alimentación al aparato | 350 m  |
| Máxima longitud de un aparato bus a otro del bus     | 700 m  |
| Máxima longitud de un línea de bus                   | 1000 m |
| Mínima distancia entre dos fuentes de alimentación   | 200 m  |

**Fuente:** Elaboración propia

La longitud del cable para cada línea no debe de exceder los 1000 metros, incluyendo todas las ramas y bucles, y no se necesita resistencia de cierre. Para excluir totalmente cualquier posibilidad de colisiones entre telegramas, hay que respetar una distancia máxima entre componentes de 700 metros.

### 3.6 PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO

Previo a la configuración del sistema, será necesario entender cómo funciona la transmisión de datos en un sistema KNX/EIB. Los datos se transmiten en serie y de acuerdo con unas reglas establecidas (Protocolo), de esta forma se “empaqueta” la información que se envía en forma de telegrama a través del bus desde un sensor hasta uno o varios actuadores.

Cada receptor envía un “acuse de recibo” si la transmisión ha sido satisfactoria. Si este acuse no se recibe, se repite la transmisión hasta un máximo de tres veces. En caso de que el acuse continúe sin ser recibido, se interrumpe el proceso de transmisión y se notifica un error en la memoria del elemento transmisor

#### 3.6.1 EL PROCEDIMIENTO CSMA/CA

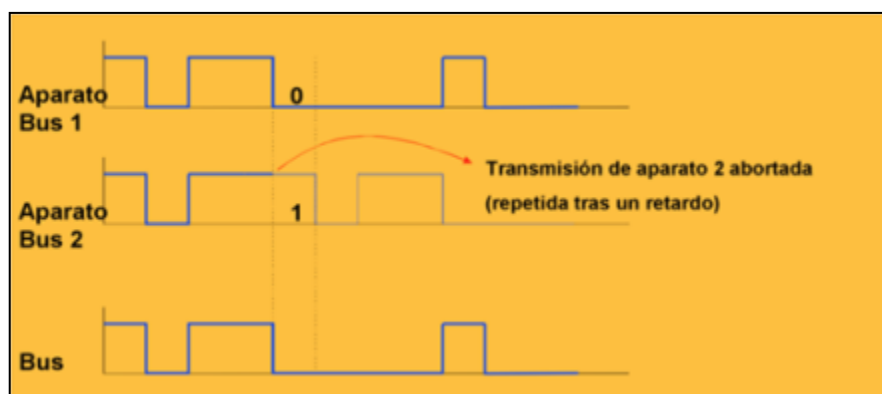
Para regular el acceso al bus y garantizar un procedimiento aleatorio libre de colisiones, el estándar KNX/EIB utiliza el procedimiento CSMA/CA (acceso múltiple por detección de portadora/evitación de colisiones). Mediante este procedimiento todos los dispositivos de bus reciben las señales, pero solo reaccionan aquellos actuadores a los que “se les está hablando”.

Si un sensor quiere transmitir, primero debe comprobar el bus y esperar a que ningún otro dispositivo esté transmitiendo. En cambio, si el bus está libre, cualquier dispositivo puede comenzar la emisión. Si dos dispositivos comienzan a emitir en el mismo instante, solo tendrá acceso al bus el que tenga prioridad de más alta; el otro tendrá que esperar y transmitir después. En caso de igualdad de prioridad, comenzara aquel cuya dirección física sea más baja.

De esta forma, si hay varios componentes del bus intentado transmitir a la vez, el procedimiento CSMA/CA asegura que sólo uno de estos componentes puede ocupar el bus, por lo que se reduce la capacidad de transmisión de datos.

En la figura N° 46 puede verse qué sucede cuando varios componentes empiezan a transmitir simultáneamente. En el momento en que la secuencia es distinta, los ceros se sobrescriben a los unos, por lo que el aparato ya está transmitiendo un 1 (que como ya se sabe es ausencia de señal) se retira porque se ha dado cuenta de que otro aparato está transmitiendo a la vez un 0. A esto se le llama colisión. Por otro lado, el aparato que estaba en ese momento escribiendo un 0 ni se ha enterado que otro aparato intentaba transmitir. Este método de acceso al bus se denomina CSMA/CA, que significa acceso múltiple por detección de portadora evitando colisiones.

Figura N° 38: Colisión de Telegramas



Fuente: <https://cursodidacticoknx.wordpress.com/1-1-14-colision-de-telegramas/>

### 3.6.2 TELEGRAMAS

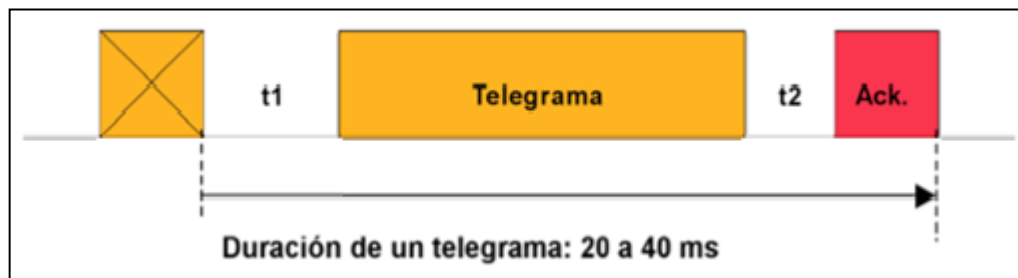
Cuando se produce un evento (por ejemplo, se acciona un pulsador o un sensor), el componente envía un telegrama al bus. Si el bus no está ocupado durante el tiempo T1 (**50 bits**, como mínimo), comienza el proceso de misión.



El telegrama va por el bus siendo leído por todos los componentes, pero sólo el componente al que va dirigido ejecuta las ordenes (programa). Si sólo va dirigido a un elemento de una misma línea, el acoplador de línea no lo deja pasar a otra línea. Si va dirigido a otra línea, el acoplador de zonas no lo dejara pasar a otra zona.

Tras la finalización del telegrama, el componente tiene el tiempo T2 (13 bits) para comprobar la recepción correcta. Todos los componentes a los que va dirigido envían el acuse de recibo simultáneamente.

Figura N° 39: Estructura de un Telegrama



Fuente: <https://cursodidacticoknx.wordpress.com/2-10-estructura-del-telegrama-tp1/>

Figura N° 40: Conexión de cables de bus KNX



Fuente: HogarTec

### 3.6.2.1 CAMPO DE CONTROL

Incluye la prioridad del telegrama y dice si es un telegrama repetido o no.

### 3.6.2.2 DIRECCIÓN DE ORIGEN

Que siempre será la dirección física del emisor del telegrama y ocupa dos caracteres del bus.

### **3.6.2.3 DIRECCIÓN DE DESTINO**

Puede ser una dirección de grupo al cual va dirigido el telegrama o una dirección física en el caso de estar programado un aparato. La dirección de destino ocupa dos caracteres en el bus, pero a esto va sumado un bit del siguiente carácter para determinar si la dirección es de grupo o física.

### **3.6.2.4 CONTADOR DE RUTA**

Para el cual se emplean tres bits, sirve para contar cada vez que pasa por un acoplador o amplificador. De esta manera, cuando el contador de ruta es cero el mensaje no se repite más veces.

### **3.6.2.5 LONGITUD**

Es la longitud de datos útiles que se va a enviar a continuación para que el receptor conozca el tamaño de los datos a analizar. Para esta longitud se emplean 4 bits.

### **3.6.2.6 DATOS UTILES**

Pueden ocupar de 1 a 16 bits caracteres. Es la razón del telegrama, la parte más importante. En ellos se incluye el tipo de datos y el tipo de órdenes que se realizará, que pueden ser órdenes de lectura, de escritura, una respuesta, etc.

### **3.6.2.7 BYTE DE SEGURIDAD**

Es el byte de comprobación del telegrama que se incluye al final del mismo y que ocupa un carácter en el bus. Además de este sistema de seguridad, recuerda que está el bit de paridad que hay dentro de cada carácter.

## **3.7 CONFIGURACIÓN**

Una vez terminada la instalación física de un sistema KNX/EIB, este no está listo para su funcionamiento, dado que los sensores y actuadores no están configurados. Para configurarlo, emplearemos el programa ETS (Engineering Tool Software).

Como se mencionó en el acápite 3.4.1, el ETS es una herramienta de software especialmente desarrollada para la planificación, proyecto, puesta en funcionamiento y hasta diagnóstico de fallos. Tiene una estructura simple y clara,

motivo por el cual resulta especialmente adecuada para todos los grupos de usuarios.

### A. ASIGNACIÓN DE DIRECCIONES

Para la identificación inequívoca de cada componente. Es como ponerle un nombre a cada aparato: Por ejemplo, el pulsador tiene dirección física 1.1.1 y la salida binaria tiene una dirección física 1.1.2.

### B. PARAMETRIZACIÓN

Se trata de la selección y programación del software de aplicación apropiado para cada componente. Por ejemplo: Si se quiere que cuando se active el pulsador, se accione la salida binaria, o que está se accione cuando suelte después de haber activado el pulsador.

### C. ASIGNACIÓN DE DIRECCIONES DE GRUPO

Permite unir las funciones de sensores y actuadores, lo que significa que todos los elementos que queremos conectar los agrupamos una misma carpeta. De esta forma el programa entiende que están relacionados (conectados).

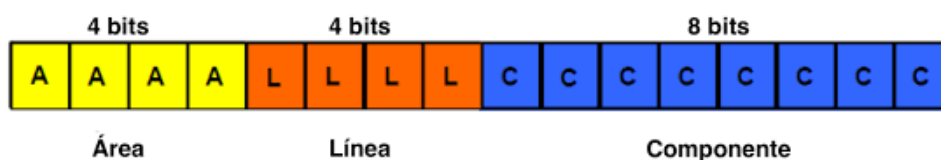
## 3.7.1 ASIGNACIÓN DE DIRECCIONES

La dirección física de un componente sirva para identificar de una manera clara el aparato de bus, describiendo su localización dentro de la topología.

Cada uno de los componentes tiene una dirección física que depende de la zona y línea a la que pertenecen. Esta dirección se utiliza tanto en la diagnosis como en la parametrización.

Una dirección consta de 16 bits, que se dividen de la siguiente forma:

*Figura N° 41: Componentes de una dirección física*



**Fuente:** <https://es.slideshare.net/ert23/knx-iniciacin>

### 3.7.1.1 ÁREA O ZONA

El número de zona o área funcional. Recuerda que El máximo número de zonas que puede haber en una instalación es de 15; por esto el rango de posibilidades es de 1 a 15. Los aparatos que estén en la línea de áreas tendrían el direccionamiento 0.

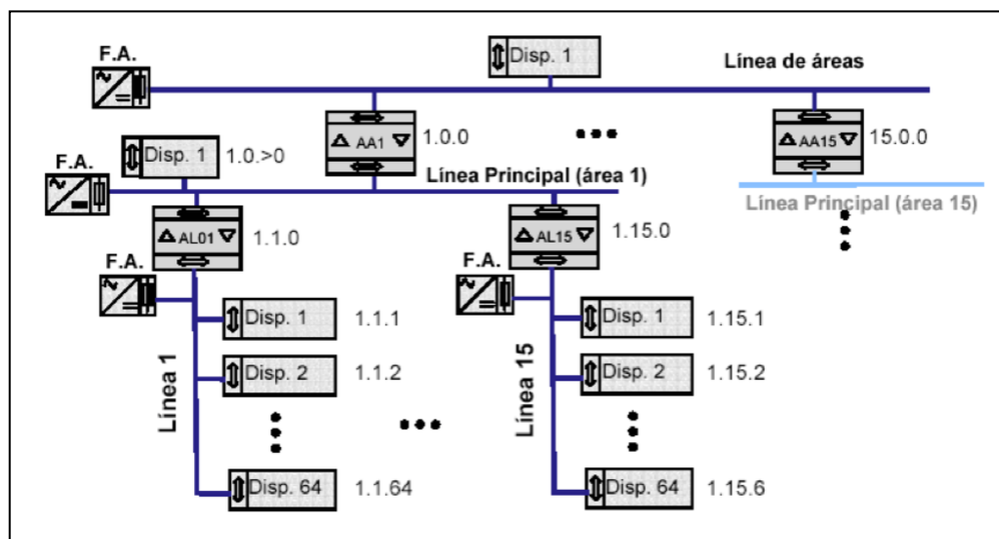
### 3.7.1.2 LINEA

El número de línea dentro de la zona definida. Como el número máximo de líneas en cada zona es de 15, el rango será de 1 a 15.

### 3.7.1.3 COMPONENTE

El número de componentes. Atendiendo a que el número de aparatos por línea es de 64, dispondremos de un rango de 1 a 64. Sin embargo, poniendo repetidores podemos llegar a 255 aparatos.

Figura N° 42: Ejemplo de asignación de direcciones



Fuente: <https://ricveal.com/blog/direccionamiento-acceso-knx/>

### 3.7.2 PARAMETRIZACIÓN

Para direccionar los acopladores y amplificadores se utiliza el siguiente criterio. Como se mencionó el mismo dispositivo sirve para acoplar tanto zonas, líneas como aparatos, y que la diferencia se produce mediante la asignación de la dirección física.

La siguiente tabla muestra cómo se produce esta asignación:

**Tabla N° 13: Asignación de acopladores**

| ZONA O ÁREA | LINEA | APARATO | EL ACOPLADOR SE UTILIZA |                                  |
|-------------|-------|---------|-------------------------|----------------------------------|
|             |       |         | COMO                    | PARA                             |
| >0          | = 0   | = 0     | Acoplador de área       | Linea de áreas/Linea principal   |
| >0          | >0    | = 0     | Acoplador de linea      | Linea principal/Linea secundaria |
| >0          | >0    | >0      | Amplificador de linea   | Expasión de una linea            |

**Fuente:** Editex

De acuerdo con esta tabla, por ejemplo, la dirección 1.1.0 determinaría al acoplador como acoplador de líneas en zona 1, línea 1. Además, podemos ver el significado de las siguientes direcciones:

- 1.0.0 Sería un acoplador de área, ya que el número de línea y el número de aparato son 0.
- 1.0.0 Sería un acoplador de línea, ya que solo el número de aparato es 0.
- 1.2.60 Sería un repetidor y se comportaría como un aparato normal. Su función sería la de un amplificador de señal y permitiría alargar 700 metros el bus.

Por otra parte, debemos tener en cuenta que los acopladores de línea y zona sólo dejan pasar telegramas relacionados con componentes que les pertenezcan, mientras, que los amplificadores dejan pasar todos los telegramas.

En la parametrización cada acoplador recibe una tabla de filtros. Todos los telegramas de grupo que se reciban son reexpedidos si aparecen en esa tabla. De este modo, cada línea trabaja independientemente y solo se dejan pasar los telegramas que deben llegar a otras líneas, evitando la sobrecarga del bus. De esta forma cada línea funciona de forma independiente.

Generalmente los acopladores llevan unos LED de color amarillo que parpadean cuando se recibe un telegrama.

En un sistema de bus de instalación que comprende varias líneas. Cada línea deberá tener su propia fuente de alimentación y bobina, tal como se puede ver en la siguiente figura.

**Figura N° 43:** Fuente de alimentación

**Fuente:** <https://ricveal.com/blog/direccionamiento-acceso-knx/>

### 3.7.3 GRUPOS Y SUBGRUPOS

Durante el servicio normal se utiliza una dirección de grupo para realizar las comunicaciones de telegramas. Esta dirección no está orientada a la topología del bus como lo estaba la dirección física, sino a las aplicaciones.

Cada emisor incluirá una dirección de grupo en cada uno de sus telegramas. Todos los dispositivos de bus “escuchan” todos los mensajes, leen su dirección y comprueban así si el telegrama va dirigido a ellos o no. Esta dirección se asigna a cada dispositivo de bus durante la configuración del KNX/EIB y cada dispositivo puede pertenecer a uno o varios grupos.

### 3.7.4 TRANSMISIÓN Y RECEPCIÓN ENTRE COMPONENTES

En el siguiente ejemplo se puede apreciar como transcurren los telegramas entre componentes KNX. Un pulsador con dirección física 1.1.14 envía un telegrama de encendido a la dirección de destino 2/5. El mensaje es codificado para ser enviado.

Una vez enviado circula por el bus y todos los elementos vinculados con la dirección de grupo 2/5 lo reciben, lo decodifican y actúan en consecuencia, en el ejemplo encendiendo la luz.

La asociación KNX se fundó en 1990 con sede en Bruselas (Bélgica) y originariamente se llamó “EIB association” o “Asociación EIB”. Este ente tenía como objetivo la promoción de las aplicaciones inteligentes de Domótica o Inmotica, en general, y del sistema EIB, creado por varios fabricantes de reconocido prestigio, en particular.

En 1999 la asociación se fusiono con otras dos asociaciones europeas, concretamente:

- BCI (Francia): Promocionaba el sistema Batibus.
- European Home Systems Association (Holanda): promocionaba el sistema EHS.

Como resultado de esta unión, se modificó el nombre al de “KNX Association”

Los objetivos de la KNX Association son los siguientes:

- La definición de un nuevo estándar abierto “KNX” para aplicaciones inteligentes de Domótica e Inmotica.
- La consolidación de la marca “KNX” como símbolo de calidad e interoperabilidad entre distintas fabricantes.
- El establecimiento del KNX como estándar europeo y a nivel mundial.

Por otra parte, dado que el EIB es compatible con el KNX, la mayor parte de los componentes pueden estar provistos de ambos logos (KNX y EIB).

A finales de 2003 el estándar KNX fue aprobado por el CENELEC (Comité Europeo de Normalización Electrotécnica) como norma europea (EN 50090) para Domótica e Inmotica. También el CEN ha aprobado el estándar KNX, en concreto bajo los números EN 13321-1 (Medios + Protocolo) y EN 13321-2 (KNXnet/IP).

A finales de 2006, KNX también fue objeto de aprobación de la normativa internacional, con el numero ISO/IEC 14543-3-1 hasta 7. En mayo de 2013 la tecnología KNX también fue aprobada como estándar en la normativa china (GB/T 20965). Por último, también en EEUU se ha reconocido a KNX como estándar a través de la normativa ANSI/ASHRAE 135.

### 3.8 PROTOCOLOS BIM

En un esfuerzo por la estandarización del uso de la tecnología BIM en nuestro medio, la Cámara Peruana de la Construcción CAPECO, por medio de su Comité BIM, preparo una serie de documentos denominados protocolos BIM que serán usados como base para el desarrollo de proyectos utilizando esta metodología, y en los cuales nos basamos para el presente trabajo.

#### 3.8.1 DOCUMENTACIÓN GENERAL

La documentación general contiene información con el fin de organizar a las diferentes especialidades y especialista que forman parte de un proyecto.

La documentación general contenida en este documento es la siguiente:

**Tabla N° 14:** *Documentación general*

| TITULO                                     | CODIGO        |
|--|---------------|
| RELACIÓN DE DISCIPLINAS                    | GEN-001       |
| RELACIÓN DE ESPECIALIDADES POR DISCIPLINAS | GEN-002       |
| CODIFICACIÓN DE DISCIPLINAS                | GEN-003       |
| PLAN DE EJECUCIÓN BIM                      | En Desarrollo |
| CONTRATOS BIM                              | En Desarrollo |

**Fuente:** Capeco

#### 3.8.2 RELACIÓN DE DISCIPLINAS (GEN-001)

La disciplina es una forma de organizar los diferentes objetos/elementos que forman parte de un proyecto de una manera ordenada de acuerdo a las diferentes especialidades que la desarrollaran.

- Arquitectura
- Estructuras
- Instalaciones Eléctricas
- Instalaciones Mecánicas
- Instalaciones Sanitarias

##### 3.8.2.1 ELÉCTRICAS

La disciplina de Eléctricas son el conjunto de elementos que permiten transportar y distribuir la energía eléctrica, desde el punto de suministro hasta los equipos que la utilicen, así mismo permiten transportar comunicaciones, data, sistemas de seguridad y automatización entre otros.



Así mismo, la disciplina de eléctricas incluye objetos tales como tableros, interruptores, transformadores, bancos de capacitadores, dispositivos, sensores, dispositivos de control local o remoto, cables, conexiones, contactos, canalizaciones y soportes entre otros.

Dentro de esta disciplina los diferentes objetos/elementos del proyecto estarán organizados de la siguiente manera.

- Conducto
- Ducto – barras
- Bandejas

### **3.8.3 RELACIÓN DE ESPECIALIDADES POR DISCIPLINAS (GEN-002)**

Cada una de las 5 disciplinas descritas son el punto de partida para el desarrollo de las diferentes especialidades que pueden formar parte de un proyecto.

Por lo mismo este documento establece que la disciplina de eléctricas es la base para la creación de las siguientes especialidades:

#### **3.8.3.1 INSTALACIONES ELÉCTRICAS**

La especialidad de instalaciones eléctricas permite interconectar todas las áreas de una edificación mediante el cableado de las redes de media tensión y de baja tensión.

#### **3.8.3.2 INSTALACIONES DE COMUNICACIÓN Y DATA**

La especialidad de instalaciones de comunicación y data permiten interconectar todas las áreas de una edificación mediante cableado estructurado, fibra óptica, redes LAN, telefonía, internet, cable TV e intercomunicadores.

#### **3.8.3.3 INSTALACIONES DE SEGURIDAD INTEGRAL**

La especialidad de instalaciones de seguridad integral permite interconectar todas las áreas de una edificación mediante sistemas de automatización, circuito cerrado de televisión, control de accesos, detección y alarma contra incendio.

### **3.9 DISEÑO AUTOMATIZADO DE LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS Y ESPECIALES**

El diseño de las instalaciones se elaboró sobre la base de los planos arquitectónicos, en el contexto de proyectos aplicando BIM, la elaboración de este

diseño no será del tipo NATIVO, ya que para su realización se empleó el software AutoCAD y después se llevó el diseño al software REVIT, ya que la elaboración de un modelo nativo requiere de pericia en el manejo del software y base de familias ya elaboradas.

### **3.9.1 DISEÑO AUTOMATIZADO DE LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS**

#### **3.9.1.1 DISEÑO DE LOS CIRCUITOS ALIMENTADORES**

Para el diseño de los circuitos alimentadores y Subalimentadores del 2do Sótano del Bloque Saphi, se ha tenido en cuenta la distribución de los ambientes, así como el nivel de automatización con el contarán los mismos.

#### **3.9.1.2 DISEÑO DE LOS CIRCUITOS DE ALUMBRADO**

En una instalación eléctrica convencional, las instalaciones de alumbrado son unos de los circuitos derivados cuya complejidad puede ser tan simple como el control de un solo punto de luz hasta el control escalonado de escaleras en una edificación de varios niveles.

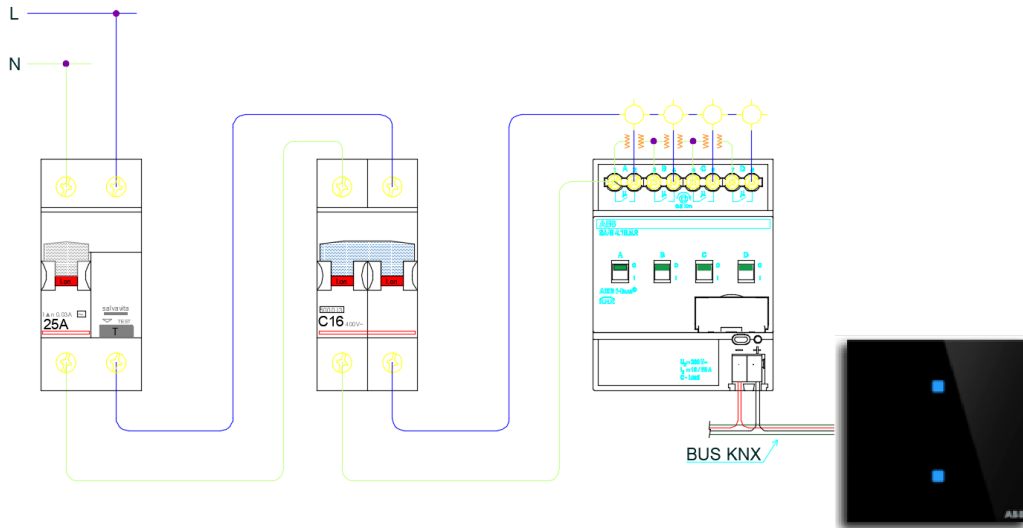
Actualmente si vemos más de allá de las edificaciones destinadas a viviendas, son en realidad muchas las exigencias que se tienen en temas de iluminación, esto debido a la introducción y abaratamiento de costos de la tecnología LED, LFC, etc., lo cual ha tornado al sistema de control en un sistema complejo ya que hasta muy poco tiempo el control de alumbrado por ejemplo de un auditorio se hacía por medio de contactores y PLC'S, lo cual no solo significaba complejidad en la instalación y programación sino también aumentaba de manera considerable el cableado, por lo cual a la hora de la reparación y/o mantenimiento muchas veces este se hacía tedioso y oneroso.

Todo lo descrito anteriormente significaba una fuerte inversión económica por lo que su uso no era muy masivo, sin embargo, hoy en día el avance tecnológico y abaratamiento de materiales han permitido el desarrollo de mecanismos autómatas provistos de microprocesadores capaces de hacer las funciones programables de los PLC'S, distinguiéndose por su versatilidad y el empleo de diferentes medios de conexión, como son el cableado, wifi, radiofrecuencia e infrarrojos.

En el presente trabajó se empleó la tecnología de KNX, KNX para el control del alumbrado tiene una serie de recursos, el más usado es la salida binaria, el funcionamiento de esta se asemeja a un relé que apertura o cierra un circuito, así

mismo cuenta con una entrada para el cable de bus, por el cual se recibirán las órdenes para el encendido o apagado, provenientes del interruptor.

**Figura N° 7:** Esquema control de salidas de alumbrado



**Fuente:** Elaboración propia

Debido al cambio de configuración en la conexión tanto de la alimentación de la salida de alumbrado y el sistema de control, la regla del alambado que conocemos queda obsoleta, por este motivo en los planos de alumbrado la forma más indicada será cablear los circuitos de alumbrado ya que el sistema de control se da por el BUS KNX.

Esta tecnología a diferencia de la convencional nos permite dimmar equipos de alumbrado que permitan esta posibilidad, KNX emplea reguladores LED, que puede ser de 2, 4, 8 y 12 canales.

**Figura N° 8:** Actuador dimmer

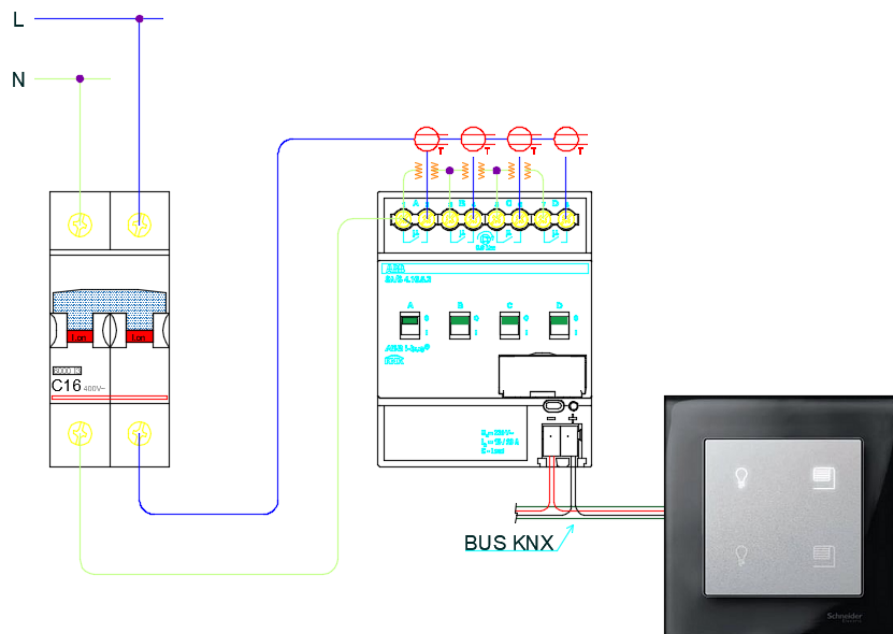


**Fuente:** ABB

### 3.9.1.3 DISEÑO DE LOS CIRCUITOS DE TOMACORRIENTES

En el diseño convencional de una instalación eléctrica, el circuito derivado de tomacorrientes se elabora tomando en cuenta lo establecido en el CNE-U 2006, debiendo respetar el número máximo de salidas por circuito, el circuito de protección controlara a todas las salidas del circuito.

**Figura N° 9:** Esquema control de salidas de alumbrado



**Fuente:** Elaboración propia

### 3.9.2 DISEÑO AUTOMATIZADO DE LAS INSTALACIONES ESPECIALES

El diseño de las instalaciones especiales

#### 3.9.2.1 DISEÑO DE LOS CIRCUITOS DE COMUNICACIÓN Y DATA

El diseño de los circuitos de comunicación y data no han presentado algún tipo de automatización o modificación bajo el estándar KNX, por lo que no se ha considerado en el desarrollo presente proyecto, lo que si ha tenido a bien considerarse es el diseño de las instalaciones de seguridad, mismo que tiene un desarrollo bastante considerable en el protocolo KNX.

### 3.9.2.2 DISEÑO DE LOS CIRCUITOS DE SEGURIDAD INTEGRAL

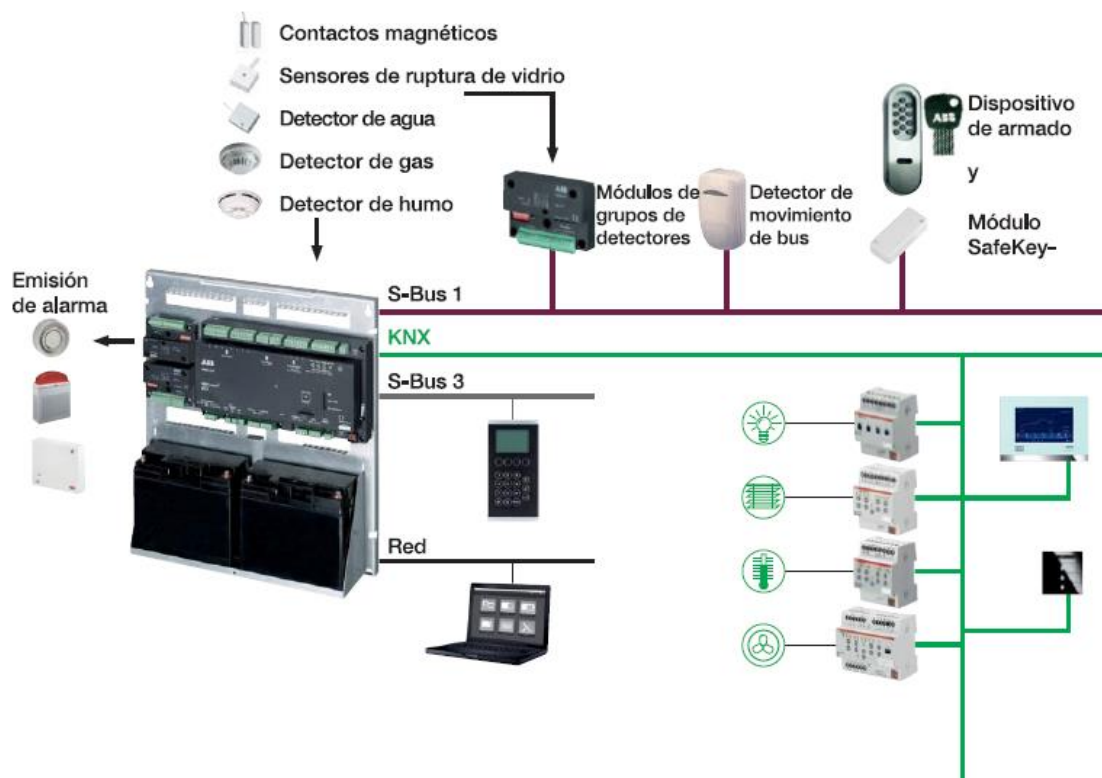
Los circuitos de un sistema de seguridad son en la actualidad uno de los sistemas más importantes de una instalación, desde las edificaciones más básicas como unidades de vivienda, hasta las más complejas como edificios destinados a bancos, cajas municipales, etc.

Los sistemas de seguridad que podemos encontrar bajo el estándar KNX, son:

- Sistema de Alarma Contra Robos
- Sistema de Alarma Contra Incendios
- Sistema de Detección de Fugas

KNX al igual que con el sistema eléctrico enlaza todos los componentes del sistema de seguridad mediante un BUS, por el cual se comunicarán y actuarán todos los componentes instalados.

**Figura N° 10: Sistema de seguridad integral KNX**



Fuente: ABB

#### 3.9.2.2.1 BUS DE SEGURIDAD (S-BUS 1)

Por medio del bus de seguridad (S-Bus) los componentes del sistema (módulos de grupos de detectores, detectores de movimiento de bus y dispositivo de armado)

se comunican con la central. Los componentes del sistema se administran y evalúan desde la central. Mediante la consulta cíclica de los participantes de bus por parte de la central se cumplen los requisitos temporales necesarios para la supervisión y la comprobación de las conexiones según la norma EN 50 131-1.

#### **3.9.2.2.2 KNX**

Por medio del KNX se puede integrar la central en el control de la vivienda o del edificio. Se pueden utilizar estados de la instalación, alarmas y estados de los grupos de detectores para activar funciones en el edificio. Asimismo, también pueden llevarse a cabo procesos de manejo en el KNX. Los grupos de detectores KNX y el KNX se pueden supervisar cíclicamente para comprobar si presentan fallos, por ejemplo, cortes de tensión de bus.

#### **3.9.2.2.3 BUS DE SEGURIDAD (S-BUS 3)**

Por medio del bus de seguridad (S-Bus 3), las terminales de mando se comunican con la central. Las terminales de mando se administran, se evalúan y se activan desde la central. Mediante la consulta cíclica de los participantes de bus por parte de la central se cumplen los requisitos temporales necesarios para la supervisión y la comprobación de las conexiones según la norma EN 50 131-1.

## **CAPITULO IV**

### **METODOLOGIA BIM**

#### **4.1 GENERALIDADES**

La primera vez que se mencionó el termino BIM fue en una publicación del “AIA Journal” de 1975. En esta publicación, el profesor del Instituto Tecnológico de Georgia, Chuck Eastman, menciona un concepto denominado “Building Description System”, que guarda relación con muchas de las ideas que ahora son intrínsecas al termino BIM.

Fue el arquitecto Phil Bernstein, el primero en emplear el termino BIM, en su contexto actual (Modelado de la información). Por otra parte, Jerry Laiserin, avalista industrial ayudo a popularizar y estandarizar el termino, como un nombre para la representación digital de los procesos de construcción, buscando intercambiar e Interoperacionalizar información en formato digital.

#### **4.2 BIULDING INFORMACIÓN MODELING (BIM)**

Aunque en el Capítulo II abordamos y definimos este término, en el desarrollo del presente capítulo se investigó y profundizo más sobre el tema, por lo que consideramos necesario mencionar los siguientes puntos:

- BIM es un conjunto de tecnologías, procesos y políticas que permiten a múltiples involucrados diseñar, construir y operar una instalación colaborativamente.
- BIM es la expresión actual de la innovación en la industria de la construcción, un lenguaje de muchos dialectos.
- BIM es una forma colaborativa de trabajo para diseñar, construir y operar mejores proyectos.
- BIM provee una representación digital de los proyectos para facilitar una confiable toma de decisiones y gestionar la información en el ciclo de vida.
- BIM utiliza modelos 3D y un entorno de datos común para crear y compartir información a la cadena de suministro.

### 4.2.1 ¿QUÉ ES BIM?

El Modelado de Información de la Edificación (traducción de BIM al español) tiene distintas definiciones en los textos académicos.

- Autodesk define al BIM como el proceso de generación y gestión de datos del edificio durante su ciclo de vida. El proceso de modelado abarca la geometría de la edificación, información geográfica propiedades de los elementos, metrados o cantidades, entre otros.
- El BIM Handbook define al BIM como el modelado tecnológico y el conjunto de procesos que producen, comunican, y analizan el modelo de una edificación caracterizado por componentes del edificio, representado por elementos paramétricos.
- ETSIE define al BIM como una metodología de trabajo que consiste en elaborar y gestionar proyectos de edificación y permite dar seguimiento al proyecto durante todo su ciclo de vida.

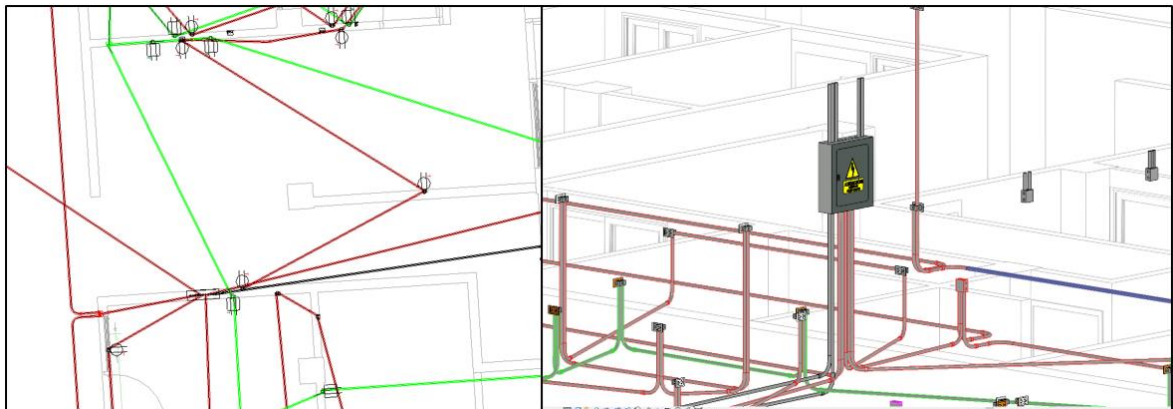
Para el presente trabajo, definiremos BIM como una metodología que consiste en un conjunto de tecnologías relacionadas que representan una estructura tridimensional y paramétrica, que muestran las características físicas y funcionales de una edificación y que funciona como una base de datos que permite almacenar y compartir múltiple información como el contenido gráfico del proyecto, sus dimensiones, metrados, especificaciones, materiales, sistemas constructivos, etc.

El BIM tiene como filosofía construir dos veces un proyecto, uno virtualmente en el que se identifican los errores (que no cuestan dinero) y se corrigen, además que permite hacer mejoras al proyecto con la finalidad de implementarlas en su construcción real.

El modelo BIM al ser un modelo paramétrico, los cambios que se generan en los planos en 2D se reflejarán automáticamente en el modelado en 3D, tal como se puede apreciar en la siguiente imagen.



**Figura N° 11: Cambios en el modelo BIM (EN 2D Y 3D)**



**Fuente:** Elaboración propia

#### 4.2.2 ¿QUÉ NO ES BIM?

Como tecnología, existen programas que tienen características y aplicaciones similares a los softwares BIM, pero que, a pesar de ello, no son BIM, y dada la confusión que ello podría generar, es necesario especificar qué no es BIM:

- Modelos que tienen solamente visualización 3D, pero no objetos atribuidos. Los objetos atribuidos integran la información, sin ellos, el diseño no tiene un soporte integrado.
- Modelos sin soporte de comportamiento. Estos modelos permiten definir objetos, pero no usan inteligencia paramétrica, por lo que no provee soporte ante la creación inconsciente o vistas inexactas de los modelos.
- Modelos compuestos por múltiples archivos 2D CAD que se combinan para definir la edificación. Este tipo de modelos no aseguran que la visualización de la edificación sea consistente, viable ni que muestre inteligencia para integrar objetos.
- Modelos que permiten cambios automáticos en una vista pero que no se actualizan en las demás vistas. Esto lleva a errores en los modelos que son muy difíciles de detectar.

#### 4.3 CAMPOS DEL BIM

Succar (2013) propone un marco que permite que los involucrados que forman parte de la industria de arquitectura, ingeniería, construcción y operaciones (AECO, por sus siglas en inglés) entiendan los campos de acción de BIM, sus etapas de implementación y los objetivos que se deberían alcanzar con su implementación.

BIM integra tres campos que son tecnología, procesos y políticas; cada uno con sus respectivos integrantes, requerimientos y entregables.

### 4.3.1 TECNOLOGÍA

Comprenden a los creadores de software y los equipos necesarios para la aplicación de la tecnología en el diseño, construcción y operación.

### 4.3.2 PROCESOS

Involucra al grupo de personas interesadas (propietarios, arquitectos, ingenieros, contratistas, etc.) que se encargan de procurar, el diseño, construcción, manufactura, uso, gerenciamiento y mantenimiento de edificaciones.

### 4.3.3 POLÍTICAS

Los responsables que cumplen y asumen roles contractuales, regulatorios y preparatorios en los procesos de diseño, construcción y operación, así también quienes trabajan en compañías de seguros, centros de investigación, centros de formación y organismos reguladores.

Estos campos interactúan entre si mediante transferencias de información y relaciones contractuales; asimismo, se traslapan debido a que comparten temas comunes y entregables.

Figura N° 12: Campos entrelazados de la actividad BIM



Fuente: Succar, 2013

Estos campos interactúan mediante transferencia de información y relaciones contractuales; asimismo, se traslapan debido a que comparten involucrados y entregables.

**Tabla N° 15: Campos de actividad BIM**

|                                      |   | <i>Campo de Política</i>   | <i>Campo de Proceso</i>  | <i>Campo de Tecnología</i>   |
|--------------------------------------|---|--|--|--|
| <i>Definición</i>                    |   | Políticas son "principio o reglas escritas para guiar la toma de decisiones"   | Proceso es "un específico ordenamiento de las actividades de trabajo a través del tiempo y lugar, con un principio, un fin y claramente identificados las entradas y salidas: una estructura para la acción) | Tecnología es "la aplicación de conocimiento científico para propósitos prácticos"   |
| <i>Definición Extendida de Campo</i> |   | El campo de interacción que genera investigación, talentos, estándares y mejores prácticas con el fin de salvaguardar beneficios y minimizar contiendas entre los involucrados del AECO. | El campo de interacción entre diseño, construcción y requerimientos para operaciones con el fin de generar y mantener estructuras e instalaciones  | El campo de interacción entre software, hardware, equipos y sistemas de redes con el fin de facilitar o dar apoyo al diseño, construcción y operaciones de estructuras e instalaciones |
| <i>Involucrados</i>                  |   | Gobiernos, investigadores, instituciones educativas, compañía de seguros, organismos reguladores   | Dueños, operadores, arquitectos, ingenieros, tasadores, topógrafos, contratistas, sub contratistas, proveedores, fabricantes, gerentes de instalaciones, etc.  | Compañías de software, hardware, redes y equipos además sus canales de desarrollo y ventas   |
| <i>Entregables</i>                   |   | Regulaciones, directrices, estándares, mejores prácticas, referencias, acuerdos contractuales, programas educativos  | Productos y servicios de construcción, incluyendo dibujos, documentos, modelos/componentes virtuales, componentes físicos, estructuras e instalaciones   | Software, hardware, soluciones para redes, equipamiento para oficinas y sitios   |
| <i>Interacciones entre campos</i>    | <i>Transferencias hacia otros campos (push)</i> | Graduados expertos, estándares, orientaciones en procesos. Conceptos, soluciones matemáticas en tecnología   | Casos de estudio que sirven para Políticas.<br><br>Retroalimentación al campo de Tecnologías.  | Soluciones innovadoras, nuevos equipos para Políticas y Procesos   |
|                                      | <i>Transferencias desde otros campos (pull)</i> | Expertos en la materia del Proceso Interoperabilidad de Tecnología Intercambios entre investigación, educación y acreditación  | Desarrollo de soluciones de Tecnología Estándares, guías y graduados de Política Instrucciones de arquitectos y solicitudes de información   | Esfuerzos de estandarización de Política Requerimientos y experiencias de Proceso Capacidades de hardware y requerimientos de software   |

**Fuente:** Succar, 2013

## **4.4 DIMENSIONES BIM**

### **4.4.1 3D: REPRESENTACIÓN TRIDIMENSIONAL DEL PROYECTO**

Modelamiento geométrico de la infraestructura en formato 3D mediante el uso de animaciones, renders y recorrido.

El uso de herramientas a la vanguardia para la realización de un modelo digital de una obra de construcción permite brindar atención al detalle gráfico de nuestro diseño. Esto nos garantiza una representación realista de la parte estética y una óptima conexión geométrica con los elementos modelados. Los problemas solucionables durante la fase de diseño no se limitan a aquellos relacionados al mismo modelo, considerándolo independiente del resto de las disciplinas técnicas involucradas, al contrario, ellas contemplan también la interacción de diversos actores/disciplinas contenidas en esta metodología. Entonces, nace la necesidad de gestionar la actividad conocida como “model checking” (control de modelo) que esta formalizada operativamente en dos actividades diferentes:

- El code checking, es decir la evaluación de la conexión del modelo con las peticiones de diseño y las normativas.
- La clash detection, es decir el análisis preventivo de los conflictos geométricos (y no) del modelo.

Todo esto no puede excluir la necesidad de una evaluación formal de lo que se ha modelado en cada disciplina.

### **4.4.2 4D: PROGRAMACIÓN**

He aquí la principal seña de identidad que caracteriza y diferencia a BIM de otras metodologías y/o softwares de trabajo tradicionales: el dinamismo. Frente a los modelos de proyecto puramente estáticos en la realidad, la metodología BIM aporta una nueva dimensión temporal. De esta forma, es posible la realización de una planificación temporal exhaustiva de todas y cada una de las fases del proyecto, la cual irá variando a medida que vayan variando las características y condiciones del proyecto en sus diferentes fases de ejecución.

### **4.4.3 5D: ANÁLISIS DE COSTOS**

Esta fase comprende el análisis y estimación de los costes del proyecto, además de su control a medida que este avance o se vea modificado. Al integrar BIM

información detallada de cada uno de los elementos integrantes, es relativamente sencillo generar informes presupuestarios en cualquier momento de la vida de la infraestructura.

#### 4.4.4 6D: SOSTENIBILIDAD

Se trata del planteamiento y simulación de las alternativas contingentes y analizarlas, a fin de determinar cuál de ellas es más adecuada para ser llevada a cabo. En otras palabras, es una fase de elección de la alternativa óptima teniendo en cuenta todas las dimensiones del proyecto.

#### 4.4.5 7D: LA GESTIÓN DEL CICLO DE VIDA

BIM representa un entorno de gestión en el que se localiza y organiza información referente a una infraestructura a lo largo de toda su vida útil. Así, el software almacena todas las características de los elementos dispuestos en el proyecto, tales como dimensiones, costes, planes de mantenimiento, etc.

De esta forma, existe un proceso de modificación y retroalimentación continua que registra todas las variaciones entre el proyecto inicial y la realidad, de tal manera que exista una total correspondencia entre el modelo BIM y el resultado real.

**Figura N° 13: Dimensiones BIM**



**Fuente:** Elaboración propia

## 4.5 LEVEL OF DEVELOPMENT (LOD)



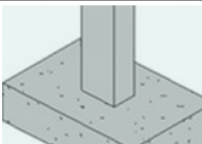
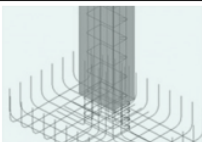
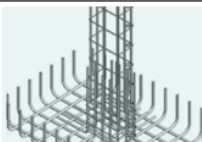
Level Of Development o nivel de desarrollo es un término generado por el American Institute of Architects (AIA) durante el BIM fórum 2011. Básicamente el termino LOD se utiliza para indicar hasta qué punto se desarrollará o se ha desarrollado un elemento del modelo incluyendo la geometría y la información.

Por sus siglas tiende a confundirse con el termino Leve Iof Detail o nivel de detalle, que no es lo mismo, ya que el nivel de detalle se refiere a la cantidad de detalle con que se desarrolla un modelo, por el contrario, LOD es una medida de la cantidad de información y calidad de esta.

Resumiendo, el nivel de detalle puede considerarse como la representación gráfica de un modelo y nivel de desarrollo como la cantidad y calidad de información que contiene el mismo.

A continuación, se muestran los distintos niveles de desarrollo:

**Tabla N° 16: Nivel de desarrollo (LOD)**

| LOD | REPR. GRÁFICA                       | INFORMACIÓN GRÁFICA | OBSERVACIONES   | EJEMPLO   |
|-----|-------------------------------------|---------------------|---|---|
| 100 | NO, solo un simbolo o algo similar. | NO                  | Puede ser información no gráfica asociada a otro elemento   |    |
| 200 | SI, pero aproximada.                | SI                  |   |   |
| 300 | SI                                  | SI                  | Los itesm necesarios para la coordinación del elemento con otros elementos cercanos o enlazados con modelados.  |  |
| 400 | SI, Verificado.                     | SI                  | Se modela con el suficiente detalle y exactitud para la fabricación del componente que representa.  |  |
| 500 | SI                                  | SI                  | En el documento del BIMForum no se hace referencia a elementos LOD 500 puesto que estos están referidos a la verificación y no son una indicación de la progresión del nivel. |  |

**Fuente:** Capeco

#### 4.6 ETAPAS DE MADURACIÓN BIM

Succar (2013) propone las etapas por las que deben pasar los involucrados en AECO para la implementación BIM que definen el nivel de madurez en su aplicación. Las etapas se pueden dividir en PRE-BIM; tres etapas de madurez BIM; y la etapa de entrega de proyecto integrado (IPD).



#### **4.6.1 PRE - BIM**

La industria de la construcción se caracteriza por tener relaciones antagónicas, y además desde ya hace mucho tiempo atrás, una marcada dependencia de la documentación 2D para describir la realidad 3D. La visualización 3D generada a partir de los modelos 2D, por parte de arquitectos, ingenieros y contratistas en la etapa de ejecución son a menudo incoherentes y no reflejan todo lo contemplado por el proyectista en la etapa de diseño.

Las cantidades, estimaciones de costos y especificaciones no son derivadas del modelo 3D, ni están vinculadas a la documentación. Asimismo, las prácticas de colaboración entre los involucrados no son prioritarias ya que se hacen de manera independiente, el flujo de trabajo es lineal y asincrónico.

#### **4.6.2 ETAPA BIM 1 (MODELAMIENTO BASADO EN EL OBJETO)**

La implementación BIM inicia mediante el uso de un software paramétrico 3D, basado en el diseño de objetos como ArchiCAD, Revit, Tekla, etc. En esta etapa, se generan modelos independientes dentro de cualquier fase del proyecto (diseño, construcción y operación). Los entregables del modelamiento son modelos para arquitectura o construcción, usados principalmente para automatizar la generación y coordinación de la documentación 2D y visualización 3D.

Las prácticas de colaboración son similares a la etapa de PRE – BIM, los intercambios de datos entre los involucrados del proyecto son unidireccionales y las comunicaciones son asíncronas y desarticuladas.

#### **4.6.3 ETAPA BIM 2 (MODELAMIENTO BASADA EN EL MODELO)**

En esta etapa los involucrados, han alcanzado experiencia en el manejo del modelo y colaboran activamente entre sí. Esto incluye el intercambio de modelos o partes de este mediante formatos.

Esta etapa puede ocurrir dentro de una fase o entre fases de un proyecto, por ejemplo: intercambio de modelos de arquitectura y estructuras en el diseño, intercambios de modelos entre el diseño y la construcción o entre el diseño y la operación.

Aunque la comunicación entre los involucrados sigue siendo asíncrona, las barreras comienzan a desaparecer. Los modelos tienen cada vez más detalle y reemplazan a los modelos usados en las otras etapas.

#### **4.6.4 ETAPA BIM 3 (INTEGRACIÓN BASADA EN REDES)**

En esta etapa, los modelos integrados son creados, de manera que sean compartidos y mantenidos colaborativamente lo largo de todas las fases del proyecto. Los modelos BIM en esta etapa son interdisciplinarios pues permiten análisis complejos en etapas tempranas de diseño y construcción.

El intercambio de información obliga a que las fases del proyecto se traslapen. Las entregables van más allá de solo objetos con propiedades puesto que también incluyen los principios de LEAN, políticas ecológicas y el costo completo del ciclo de vida.

Para la implementación de esta etapa, es necesario un replanteamiento de las relaciones contractuales, modelos de asignación de riesgos y flujos de procedimientos.

Los pre requisitos para todos estos cambios, es la madurez de las tecnologías de software y redes para que se consiga un modelo compartido e interdisciplinario que provea un acceso en dos sentidos a todos los integrantes.

#### **4.6.5 ENTREGA DE PROYECTOS INTEGRADA (IPD)**

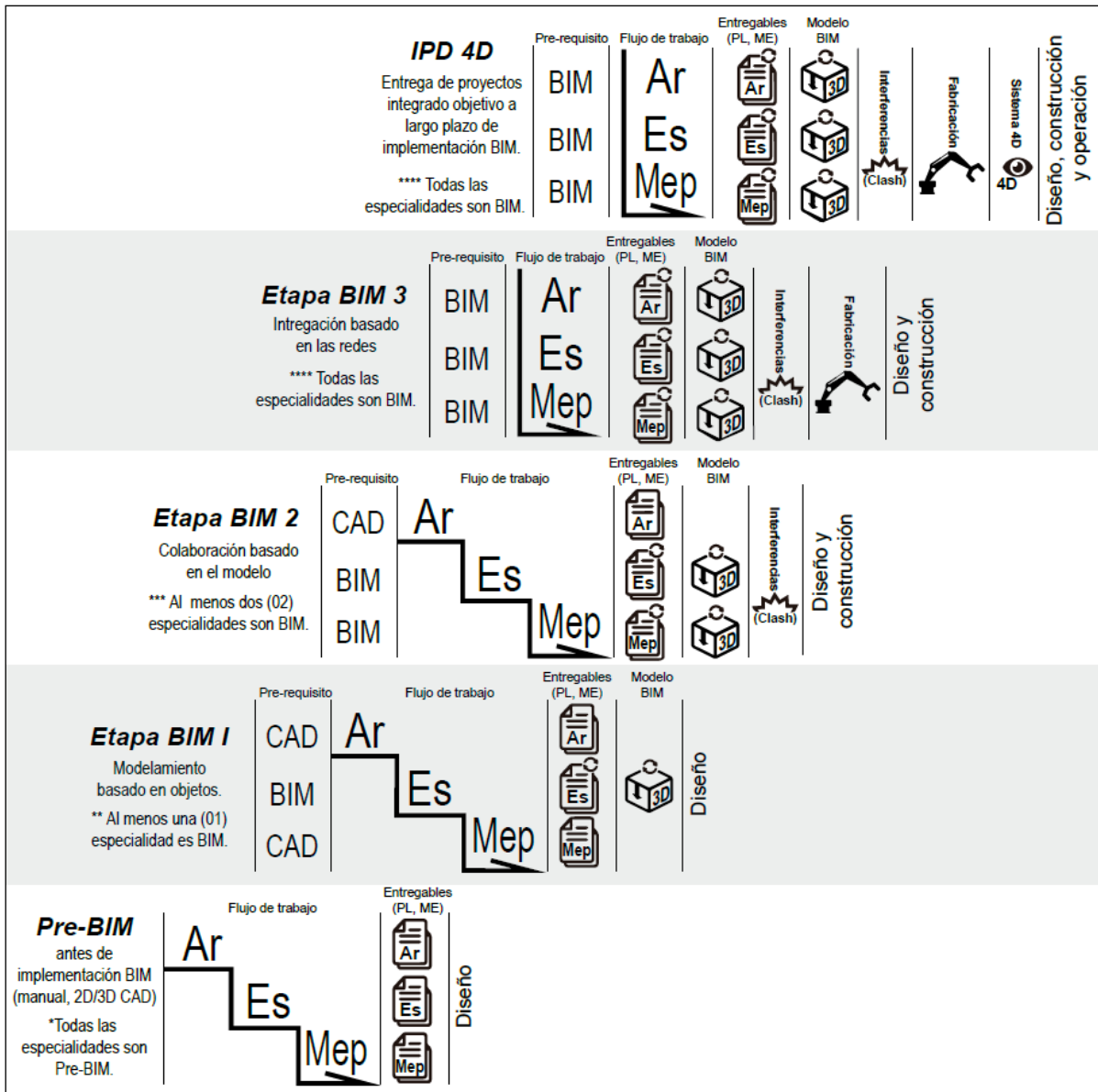
Según Succar (2013), el IPD representa la visión a largo plazo a la que debe apuntar BIM mediante la fusión de las tecnologías, procesos y políticas. El IPD es un enfoque que integra personas, sistemas, estructuras de negocios y prácticas en un proceso que colaborativamente aproveche los talentos e ideas de todos los participantes para optimizar los resultados del proyecto, incrementar valor para el dueño, reducir desperdicio y maximizar la eficiencia a través de todas las fases de diseño, fabricación y construcción.

BIM 4D provee un modelo exacto del diseño requerido para cada sector del proyecto.

Esto provee las bases para mejorar el planeamiento y programación de subcontratistas y ayudar a asegurar la llegada del tiempo (just - in - time) de personas, equipamientos y materiales.



Figura N° 14: Madurez BIM dividida en etapas



Fuente: Juan Rojas Sacatuma, 2017

#### 4.7 VIRTUAL DESIGN AND CONSTRUCTION (VDC)

La metodología del Diseño Virtual de la Construcción o VDC por sus siglas en inglés Virtual Design Construction, se viene imponiendo como la forma más adecuada de obtener mejores proyectos, en un tiempo y costo menor al previsto y con mayor calidad a lo esperado. Y es que, la ventaja que representa el tener toda la construcción totalmente modelada antes de ni siquiera haber empezado no tiene precedentes en nuestra industria en el mundo entero. Además, el costo comparativo de obtener este resultado versus lo que cuesta implementarlo es totalmente marginal, casi inexistente, comparado con los montos de inversión de

un proyecto y los beneficios que se obtienen a través de su correcta utilización. VDC es una metodología que permite asegurar los objetivos del proyecto (métricas para su medición) mediante la organización adecuada de todos los involucrados (ICE: Ingeniería Concurrente Integrada) utilizando tecnología BIM y un proceso Lean de producción (PPM) (Center for Integrated Facility Engineering, 2018).

El uso de prototipos digitales y tecnología de la información en proyectos de diseño y construcción necesita un orden que permita establecer claramente los objetivos de negocio. Es así que para realizar una mejor gestión de la información que obtenemos con BIM surge la metodología Virtual Design and Construction (VDC) (Costos Educa, 2018).

Según Kunz y Fischer (2015) los pilares fundamentales del VDC son:

- Gestionar la evolución del producto final a través del Building Information Modeling BIM.
- Gestionar procesos y producción.
- Gestionar la organización del proyecto y la interacción entre equipos multidisciplinarios.
- Gestionar la ejecución del proyecto por objetivos a través de indicadores de performance.

#### **4.8 CONCEPTO VDC/BIM**

Esta metodología de modelaje está conformada por herramientas, procesos y tecnologías, para llevar a cabo un proyecto integral de edificación, desde su concepción hasta el final de su vida útil, coordinando el ambiente multidisciplinario, donde participan inversionistas, propietarios, arquitectos, ingenieros estructurales, ingenieros de instalaciones, ingenieros de obra, fabricantes, gestores y en general, todos aquellos involucrados que tienen que ver con el diseño, construcción y operación del proyecto. Esta coordinación se logra mediante una plataforma tecnológica que integra varios programas de software especializados, trabajando en conjunto sobre una única base de información, lo cual permite tener un intercambio de datos en tiempo real de manera coherente, precisa y completa, mejorando así aspectos como son la eficiencia y efectividad (Pailiacho, 2014)



#### 4.9 APLICACIONES DE BIM/VDC A LO LARGO DEL CICLO DE VIDA DEL PROYECTO

**Tabla N° 17: Aplicaciones BIM/VDC en un proyecto**

|                     | DISEÑO CONCEPTUAL  | DISEÑO DETALLADO   | CONSTRUCCIÓN   | OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO   |
|---------------------|--|--|--|---|
| <b>APLICACIONES</b> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Concepto, visibilidad y diseño</li> <li>- Evaluación temprana de alternativas de diseño para aumentar la calidad general del proyecto.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Visualización.</li> <li>- Participación temprana de los</li> <li>- Ingeniería concurrente</li> <li>- Colaboración y comunicación efectiva entre múltiples</li> <li>- Detección de incompatibilidades.</li> <li>- Generación</li> <li>- Estimación de costos.</li> <li>- Generación y evaluación rápida de múltiples alternativas.</li> <li>- Simulación y análisis del producto.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Estimación de la cantidad de materiales.</li> <li>- Planificación y control de la producción.</li> <li>- Simulación 4D.</li> <li>- Detección de incompatibilidades antes de la construcción.</li> <li>- Visualización del proyecto.</li> <li>- Uso del modelo como base para fabricar componentes.</li> <li>- Soporte en la implementación de técnicas y herramientas LEAN.</li> <li>- Sincronización del abastecimiento con el diseño y construcción.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Fuente fiable de información sobre el proyecto Asbuilt.</li> <li>- Administración y operación de instalaciones.</li> </ul> |

*Fuente:* Ruiz, 2015

#### 4.9.1 BIM DURANTE LA ETAPA DE DISEÑO

##### 4.9.1.1 VISUALIZACIÓN

Ya sea en una forma estética como funcional, los sistemas BIM ofrecen la posibilidad de hacer los modelos con cierto grado de realismo pudiendo exportar vistas en 2D (Plantas, cortes, elevaciones, detalles, etc.), en 3D (isométricas, perspectivas, renders), en 4D (simulaciones de construcción) y 5D (estimaciones de costo). Esto permite que el diseño de un edificio sea más comprensible por parte de todos los involucrados del proyecto, incluso si no cuentan con conocimiento técnico sobre en el tema (Ruiz, 2015).

##### 4.9.1.2 PARTICIPACIÓN TEMPRANA DE LOS INVOLUCRADOS EN EL PROYECTO

Como ejemplo de los beneficios de la participación temprana, los contratistas pueden contribuir a diseñar el producto y proceso del proyecto al proporcionar información específica de la construcción durante la etapa de diseño. De esta manera, se puede realizar un análisis de la constructabilidad durante el diseño (Ruiz, 2015).

##### 4.9.1.3 MANTENIMIENTO DE LA INFORMACIÓN Y LA INTEGRIDAD DEL DISEÑO

Esta capacidad se logra porque los programas BIM están basados en elementos y parámetros que permiten almacenar la información. Al ser modificado una de las

características de algún elemento, esta será actualizada automáticamente en las diferentes vistas en las que se encuentra (elevaciones, cortes, en planta y en 3D), de esta manera las incompatibilidades que se presentan usualmente entre las vistas en planta y corte en una disciplina serán eliminadas (Ruiz, 2015).

#### **4.9.1.4 DETECCIÓN DE INCOMPATIBILIDADES**

La revisión de interferencias es el principal uso que se les da a los modelos BIM, especialmente en proyectos que involucran una infraestructura compleja. Este análisis reduce las incompatibilidades y las ordenes de cambio, lo que aumenta la productividad y reduce costos durante la etapa de construcción (Saldias, 2010).

#### **4.9.1.5 ESTIMACIÓN DE COSTOS**

Un modelo BIM adecuadamente desarrollado contiene la información geométrica y las propiedades de los elementos presentes, por lo que puede ser utilizada como una base de datos para extraer cantidades de materiales y reemplazar a los cálculos manuales desarrollados a lo largo de todo el proyecto, ya sea para obtener el presupuesto como también para pedir los volúmenes de materiales que serán utilizados en una determinada fecha (Ruiz, 2015).

#### **4.9.1.6 SIMULACIÓN Y ANALISIS DEL PRODUCTO**

Evaluar el diseño usando las tecnologías CAD tradicionales y herramientas relacionadas puede ser proceso largo y tedioso. BIM ofrece la oportunidad de simular el modelo del diseño en contra de los criterios de rendimiento que figuran desde una etapa temprana como: comportamiento estructural, desempeño térmico, iluminación, acústica, desempeño energético y sostenibilidad. De esta manera se puede asegurar que el diseño sea adecuado para el propósito, mejorar el valor para el cliente y reducir pérdidas debido a mal funcionamiento del producto durante su operación (Ruiz, 2015).

### **4.9.2 BIM DURANTE LA ETAPA DE CONSTRUCCIÓN**

#### **4.9.2.1 ESTIMACIÓN DE LA CANTIDAD DE MATERIALES**

La estimación de la cantidad de materiales con BIM, comúnmente conocida en nuestro medio como metrados, ofrece una nueva forma de trabajar, pues estos pueden ser obtenidos directamente de un modelo BIM después de finalizada la etapa de modelado 3D. Esto es razonable ya que los modelos BIM representan una fuente de información y una base de datos, y todos sus componentes, de acuerdo

con su geometría, tienen asociados distintos parámetros de cantidad de materiales que pueden ser extraídos del modelo BIM, generando hojas reportes de las principales partidas de materiales de un presupuesto (Alcántara, 2013).

#### **4.9.2.2 DETECCIÓN DE CONFLICTOS**

La construcción consiste en la materialización de los diseños estructurales, arquitectónicos y de instalaciones. En obra, los enfrentamientos entre estas especialidades pueden significar retrabajo, generando pérdidas en términos de tiempo y costes. Al respecto, la tecnología BIM puede ser usada para detectar estos conflictos o interferencias, ayudando a evitar los riesgos que puedan derivar de la no identificación de los mismos (Alcántara, 2013).

Entre los beneficios de utilizar las tecnologías BIM para detección de conflictos podemos mencionar:

- Ayuda a la coordinación de los diseños y la ingeniería.
- Facilita la revisión completa del diseño.
- Permite la identificación rápida de los conflictos e interferencias.
- Capacidad para explorar opciones, integrar los cambios en los modelos BIM y eliminar los riesgos.
- Permite hacer un seguimiento de las actividades de construcción.
- Minimiza el reproceso y los desperdicios.
- Ayuda a mejorar la calidad de los diseños.

#### **4.9.2.3 VISUALIZACIÓN**

A través del análisis de los componentes del edificio, en los modelos 3D se puede analizar la topología de la construcción, que puede servir de ayuda para la generación del planeamiento de la construcción. Tradicionalmente, el planeamiento de la construcción es un factor crítico en la gerencia de la edificación. El planificador de la construcción es una persona con mucha experiencia en la construcción de edificios que sabe estimar el trabajo y los equipos requeridos para la construcción del edificio. Usando este conocimiento es creado un planeamiento de la construcción, el calendario para otros planes tales como transporte, medida, seguridad, etc. (Alcántara, 2013).

#### **4.9.2.4 SIMULACIÓN 4D**

Las tecnologías BIM-4D combinan los modelos BIM-3D con la cuarta dimensión que viene dada por las duraciones de las tareas de construcción programadas en un calendario de obra con algún software (p.e. Primavera o MS Project). Al combinar las actividades de un programa de ejecución de la construcción con elementos de un modelo BIM-3D se obtiene una simulación visual de la secuencia constructiva, que también es conocida como modelo 4D, ya que muestra simultáneamente las tres dimensiones geométricas del proyecto, más la cuarta dimensión del tiempo proveniente de las duraciones de las actividades de los procesos de construcción (Alcántara, 2013).

#### **4.10 BIM EN EL MUNDO**

La situación del BIM en el mundo ha ido evolucionando exponencialmente, con un crecimiento de la participación económica de países como EUA, Canadá, Reino Unido, Alemania o Francia, que ya apuestan por integrar el BIM en su estrategia dentro del sector construcción. Se estimaba que para este año el mercado crecería hasta un 12% en Norte América, 13% en Europa y Asia, y 11% en el resto del mundo según un estudio de mercado.

BIM como ya se describió es una metodología, no un software como muchos piensan, que nos permite generar un modelo virtual del edificio capaz de contener toda la información relacionada al mismo

Analizando el estado de difusión del Building Information Modeling en algunos países se encuentran en la vanguardia (Reino Unido y Países Escandinavos), otros se están acercando al BIM de forma gradual pero decisiva (como es el caso de Australia y Canadá), a continuación, se analizará la situación del BIM en distintos países del mundo.



**Figura N° 15: Países con normativa o regulación BIM**



**Fuente:** autodesk.com/redshift/es

#### 4.10.1 BIM EN AMERICA DEL NORTE

En América del norte, y en particular en los Estados Unidos, nació el BIM; allí fue experimentado y controlado hasta establecerse y difundirse sucesivamente a nivel mundial. Sin embargo, en los Estados Unidos, después de una primera fase de implementación, debido a la fuerte fragmentación entre las instituciones federales y los estados federales, el proceso de transformación del sector AEC perdió el impulso inicial.

Hoy, la digitalización de los procesos de construcción en los Estados Unidos ha vuelto a ganar impulso gracias a dos aspectos fundamentales que han permitido un mayor progreso en la productividad en el mundo de la construcción estadounidense: la estandarización y la colaboración.

En Canadá, los esfuerzos realizados en los últimos años son notables no sólo para promover la adopción del BIM en el sector del AEC, sino también y sobre todo para aprobar políticas nacionales específicas.

Si bien la comunidad canadiense de técnicos y empresas en el sector AEC ya está lista para el cambio hacia la construcción digital, las instituciones aún no están listas, ya que no tiene una política institucional sobre el BIM, y mucho menos obligaciones normativas para su uso en obras públicas. Las empresas y los



técnicos canadienses se están auto organizando, permitiendo la difusión de proyectos piloto innovadores y vanguardistas.

#### **4.10.2 BIM EN SUDAMÉRICA**

En los países latinoamericanos, los procesos de digitalización en el sector AEC comenzaron tarde en comparación con los países europeos o norteamericanos; sin embargo, su vigor e impulso hacia el objetivo está permitiendo su rápida propagación.

En junio de 2017, se estableció en Brasil el Comité Estratégico para la implementación del BIM (CE-BIM) y un Grupo de Apoyo Técnico (CAT-BIM) con 6 grupos ad hoc que se ocupan de temas específicos. La estrategia BIM BR está organizada en fines, objetivos, acciones, indicadores y metas de acuerdo con un esquema lógico preciso.

El pasado 9 de septiembre de 2019, se publicó en Perú, en el Diario Oficial “El Peruano”, el decreto que contiene las disposiciones para la integración gradual del BIM en proyectos públicos.

El decreto, elaborado por el Ministerio de Economía y Finanzas (MEF), tiene como objetivo reducir los sobrecostos y las demoras en la ejecución de las infraestructuras públicas, y hacer más eficiente su operación y mantenimiento, así como promover la transparencia en los procesos de inversión pública: el primer paso hacia una estrategia nacional llamada Plan BIM Perú.

Aunque tarde en comparación con otros países, Argentina adoptó en agosto de 2019 un plan que conducirá a la adopción del BIM a partir de 2025 para todas las obras públicas. El propósito de este plan es desarrollar un conjunto ordenado de principios, directrices y procedimientos para regular y establecer una metodología de trabajo para los sectores de obras públicas interesado en la implementación de procesos BIM.

#### **4.10.3 BIM EN ASIA**

El análisis de la propagación del BIM en el mundo no puede prescindir del continente asiático, en pleno desarrollo digital y económico.

En el continente asiático, China es sin duda el país que está más familiarizado con el BIM, también tiene la mayor tasa de crecimiento y difusión de esta

metodología: de hecho, desde el 2016 China ha tenido un crecimiento exponencial en el grado de uso del BIM por parte de arquitectos y empresas chinas.

Desde el 2016 hasta hoy, el número de arquitectos que han iniciado a utilizar el BIM para realizar una parte de sus proyectos se ha incrementado en el 89% e incluso en un 108% entre las empresas. Un nivel de crecimiento que demuestra claramente el alto valor agregado atribuido a esta herramienta.

Se posiciona en contraposición Turquía.

Una encuesta publicada en diciembre de 2018 hace balance de la situación; de este documento queda claro que hay muchos obstáculos que deben superarse para la digitalización de la construcción, sobre todo debido a la falta general de interés de las instituciones y universidades.

Rusia (el estado transcontinental más grande del mundo) está tratando de convertirse en uno de los países líderes en el uso del BIM en el mundo de la construcción, con el objetivo de exportar sus habilidades a todo el mundo.

Según el informe titulado “Mercado de modelos de información sobre construcción BIM- Oportunidades y pronósticos para el 2022” el mercado BIM alcanzará los 11,7 millones de dólares en 2022, con una tasa de crecimiento anual del +21,6%.

En particular, se prevé que la demanda de servicios BIM en Asia y en los países caucásicos crecerá rápidamente, gracias a la constante expansión del sector de la construcción; un mercado que Rusia no quiere perder (por eso la incluimos en el párrafo relativo a Asia).

#### **4.10.4 BIM EN EUROPA**

El viejo continente ciertamente cuenta con el mayor número de políticas y mejores prácticas sobre el BIM, gracias a una mayor apertura hacia las políticas de renovación del sector AEC.

Los gobiernos europeos (en primer lugar, el Reino Unido y los países escandinavos) han comprendido que la única forma de hacer que el sector de la construcción sea más eficiente es limitando al mínimo el desperdicio en términos de tiempo y costes y fomentando la transformación de los procesos de construcción hacia el digital.

Desde el período de posguerra, el gobierno británico ha enfrentado el problema de cómo usar la tecnología informática en el sector de la construcción para explotar las evidentes ventajas.

El progreso de la revolución digital inglesa encuentra un ejemplo emblemático en la obligación, introducida desde 2011, de utilizar modelos BIM para cualquier proyecto público y en grandes infraestructuras: esto ha colocado al Reino Unido en primer lugar en Europa en el desarrollo de la construcción.

En Francia, el Plan de Transición Digital para la Construcción (Plan Transition Numérique dans le Bâtiment) promovido por el gobierno francés, apunta al 2022 para la completa difusión de la estrategia BIM en el diseño/gestión de obras públicas, en grandes infraestructuras, así como en construcciones privadas.

En 2015, Alemania comenzó a inspirarse en el ejemplo del Reino Unido.

Las políticas estatales alemanas han tomado forma con la aprobación del plan para la construcción digital que destaca la importancia de una planificación cuidadosa y una digitalización de los procesos, como paso obligatorio para desarrollar el sector. Posteriormente, se anunció oficialmente que el uso del BIM será obligatorio para todos los proyectos alemanes de transporte e infraestructura para fines de 2020.

#### **4.11 BIM EN EL PERÚ**

El 9 de septiembre del año pasado, en la Gaceta Oficial “El Peruano”, se publicó el decreto que contiene las disposiciones para la integración progresiva del plan “BIM Perú” en proyectos públicos.

El decreto, es el primer paso del plan BIM Perú, elaborado por el Ministerio de Economía y Finanzas (MEF). Apunta a reducir los costos extras y los atrasos en la ejecución en las infraestructuras públicas, optimizar el funcionamiento y el mantenimiento y, además, a promover la transparencia en los procesos de inversión pública.

##### **4.11.1 PLAN BIM PERÚ**

El presidente del consejo de los ministros peruanos anunció en septiembre de 2019, de acuerdo con la publicación del decreto N°289-2019-EF, que el gobierno inició la preparación del plan BIM PERÚ, que definirá los aspectos necesarios para

el uso de la metodología BIM en el país, cuya actuación mejorará la transparencia, la calidad y la eficiencia de las inversiones durante todo el ciclo de vida de los proyectos públicos.

El plan BIM PERÚ prevé lo siguiente:

- Verificaciones preliminares para la aplicación del BIM, a través de la construcción de líneas guía que permitan el monitoreo y el control total de los resultados obtenidos.
- Elaboración de líneas de acción y objetivos prioritarios para la aplicación progresiva del BIM.
- Implementación de estándar para el uso del BIM.
- Una estrategia para la formación de los técnicos para el uso del BIM.
- Una estrategia para la estandarización de los requisitos BIM.
- Generación de líneas guía que puedan integrar las tecnologías para el uso del BIM.
- Creación de bibliotecas de objetos BIM.
- Objetivos, caducidades y etapas para la adopción obligatoria del BIM.
- Una estrategia para la comunicación y la difusión del uso del BIM.

El plan BIM PERÚ constituye una de las medidas políticas del “Plan nacional para la competitividad y la productividad 2019-2030” aprobada por el decreto supremo N° 237 - 2019 - EF, para alcanzar el objetivo prioritario que es abastecer al país con infraestructuras de calidad.

Por otra parte, el presidente del Consejo de Ministros, durante su participación en el Fórum económico peruano 2019, afirmó: “La introducción de la metodología BIM en el país representa para el sector público un cambio de paradigma para la gestión de la información sobre los proyectos de inversión durante su ciclo de vida, esto permitirá mejorar la calidad, eficiencia y la transparencia de las inversiones públicas, también optimizara el redito social y garantizara la correcta gestión de los procesos constructivos y de diseño; así como también la provisión adecuada de servicios prestados a los ciudadanos”

El decreto supremo publicado establece criterios generales para la progresiva integración del BIM en el sector público. Estos criterios guiarán el modo en el cual el plan BIM Perú se aplicará en los proyectos de inversión pública.

El decreto supremo N°289-2019-EF, a través del cual se aprueban las disposiciones para la integración progresiva del BIM en las inversiones públicas, contiene:

- Las líneas de acción y los objetivos prioritarios para el uso de la metodología en los proyectos de inversión pública;
- La actuación de normas para el uso en las inversiones públicas;
- La estrategia para desarrollar capacidad del BIM, preferiblemente en el sector público;
- La estrategia para la estandarización de los requisitos de la metodología del proyecto de inversión.

Las líneas de acción serán desarrolladas coordinadamente entre el sector público, el privado y el académico. Las mismas, serán supervisadas por el Ministerio de Economía (responsable de la conducción y de la actuación de esta medida política), como prevé el Plan de Competitividad y Productividad Nacional.

Estas disposiciones serán integradas por una comisión multidisciplinaria que participará en la preparación y el monitoreo del plan BIM PERÚ. Éste será redactado por el MEF y los principales Ministerios y Entes públicos.

El plan BIM contendrá la tabla de marcha para el desarrollo de: estándares y metodologías, estrategias para la formación de capital humano, actuaciones de tecnologías habilitadas, programas piloto y adopción progresiva en todo el sector público.

#### **4.11.2 COMITÉ BIM**

El 06 de diciembre del 2012 se fundó el Comité BIM del Perú, este pertenece al Instituto de la Construcción y el Desarrollo (ICD) de la Cámara Peruana de la Construcción CAPECO. Este comité está integrado por profesionales con experiencia en la aplicación de BIM en todas las etapas de un proyecto.

Este comité busca difundir las ventajas de la metodología de trabajo en todas las empresas del sector, para lograr alcanzar una estandarización en el uso y

aplicación del sistema BIM a nivel nacional, impulsar las buenas prácticas en el modelamiento de proyectos BIM, constituir una biblioteca virtual con información categorizada adaptada a la realidad peruana, promover las capacitaciones en herramientas BIM de los distintos especialistas y participar en la generación de un mercado laboral con mayor nivel técnico, para beneficio de todos los involucrados.

Empresas que participan en el Comité BIM del Perú:

- Graña y Montero
- Cosapi
- Constructora AESA
- Wescon
- DCV Consultores
- IDAndBIM
- DHG Arquitectos
- Arcadia
- Proyecta
- Rene Lagos Ingenieros
- Marcan
- Universidad Nacional de Ingeniería (UNI)

#### **4.11.2.1 HITOS DE IMPLEMENTACIÓN BIM**

La implementación del PLAN BIM PERÚ, está alineada al PLAN NACIONAL DE COMPETITIVIDAD Y PRODUCTIVIDAD, en donde se precisan los hitos principales (DECRETO SUPREMO N° 237-2019-EF - Pagina 11)

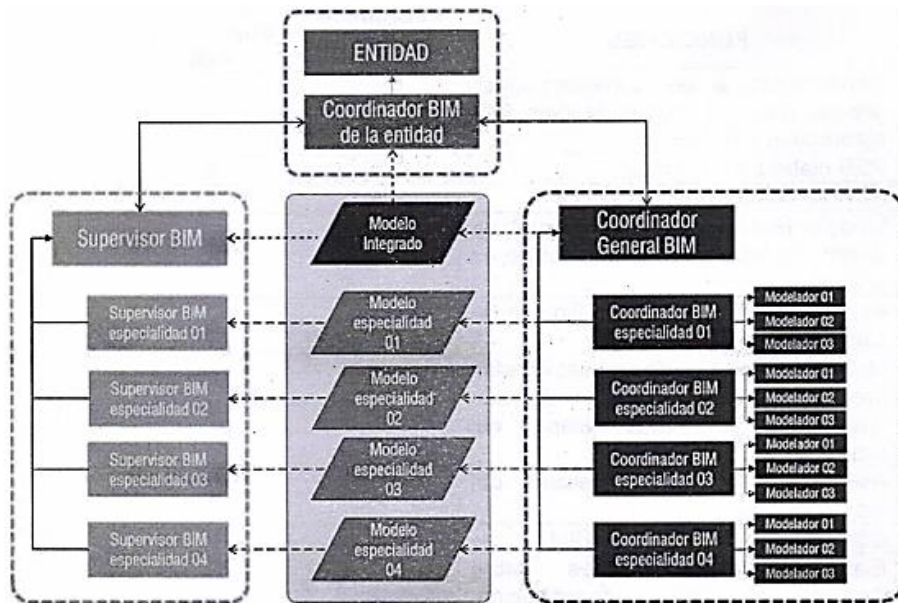
Figura N° 16: Hitos de implementación de BIM en el PERÚ



Fuente: Ministerio de economía

#### 4.11.2.2 ROLES BIM

Figura N° 17: Roles BIM



Fuente: Ministerio de economía

### 4.12 ANTECEDENTES DEL BIM

#### 4.12.1 BIM EN PERÚ

El 27 y 28 de agosto del 2014 se llevó a cabo el 1er Congreso Internacional BIM en Perú, donde el ingeniero Carlos Delgado, compartió la encuesta acerca de la experiencia peruana del uso de BIM, esta encuesta fue realizada por la empresa Animedia.

El Ejecutivo aprobó la incorporación progresiva de la metodología BIM (Building Information Modeling) que se utilizó para los Juegos Panamericanos Lima 2019, en la inversión pública para obras de infraestructura pública, lo cual marco un hito en el uso de esta metodología, dejando un precedente positivo para su implementación.

Así lo dispuso el gobierno mediante el Decreto Supremo 289-2019-EF publicado hoy en el diario oficial El Peruano.

El BIM (Building Information Modeling) es un conjunto de metodologías, tecnologías y estándares que permiten formular, diseñar, construir, operar y mantener una infraestructura pública de forma colaborativa en un espacio virtual.

La incorporación de la metodología BIM por parte de las entidades y empresas públicas permitirá mejorar la calidad, eficiencia y transparencia de la inversión pública, mejorando la rentabilidad social. Asimismo, asegura la adecuada gestión de los activos generados con la ejecución de las inversiones, así como la conveniente provisión de los servicios que se brindan a los ciudadanos.

Se puede concluir que el uso de BIM en Perú está aumentando rápidamente, además del aumento de productividad se puede observar que predomina la calificación como una buena experiencia en BIM con un 60% frente a un 20% que indica como una experiencia regular y sólo un 10% que indicó no saber calificar el uso del BIM.

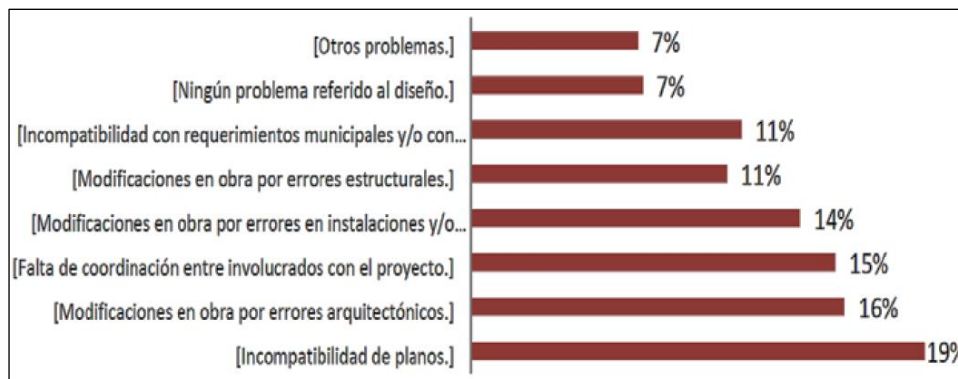
## **4.13 PRINCIPALES PROBLEMAS EN EDIFICACIONES**

### **4.13.1 PROBLEMAS EN LA ETAPA DE DISEÑO**

A continuación, se presentan los principales problemas encontrados en las construcciones realizadas en Perú.



Figura N° 18: Roles BIM



**Fuente:** Estudio Animedia

Según el cuadro presentado el mayor problema es la incompatibilidad en los planos, en donde la mayoría de los casos los ingenieros de obra tienen que hacer rectificaciones, aprobadas por los clientes, en los planos realizados por los arquitectos. Este es un gran problema en la etapa de construcción dado que puede incurrir en grandes costos en la realización de los proyectos. El modelo BIM ayuda a mitigar estos riesgos para ello existen herramientas que permitan encontrar las interferencias o errores en el diseño en una construcción virtual y evitar los costos extras que estos problemas podrían ocasionar (Parodi Mendiola & De la Cruz Peralta, 2013).

Luego, tenemos con un 15% la falta de coordinación entre involucrados con el proyecto, esto se debe a que la información no se encuentra centralizada y puede existir diferentes documentos (versiones) de uno mismo, lo que tiene un impacto negativo en el resultado de la obra. Se requiere tener una buena comunicación entre los involucrados en el proyecto y de la información para de esta manera tener un producto final de calidad (Parodi Mendiola & De la Cruz Peralta, 2013).

#### 4.13.2 PROBLEMAS EN LA ETAPA DE COORDINACIÓN

Los problemas en los proyectos de edificación no sólo se presentan en la etapa de diseño, sino que estos también se extienden y están presentes en la etapa de construcción, los problemas más recurrentes son las incompatibilidades entre las diferentes especialidades, esto debido a la falta de coordinación y el empleo de planos desactualizados por los especialistas.

La metodología BIM en la etapa de coordinación de un proyecto ha implementado la realización de distintos tipos de reunión, de entre ellas la más

importante son las sesiones ICE (Integrated for Concurrent Engineering), estas sesiones reúnen al cliente con los arquitectos, ingenieros, contratistas, fabricantes, especialistas y usuarios para trabajar en conjunto de manera periódica, logrando mejores soluciones a los problemas en menor tiempo.

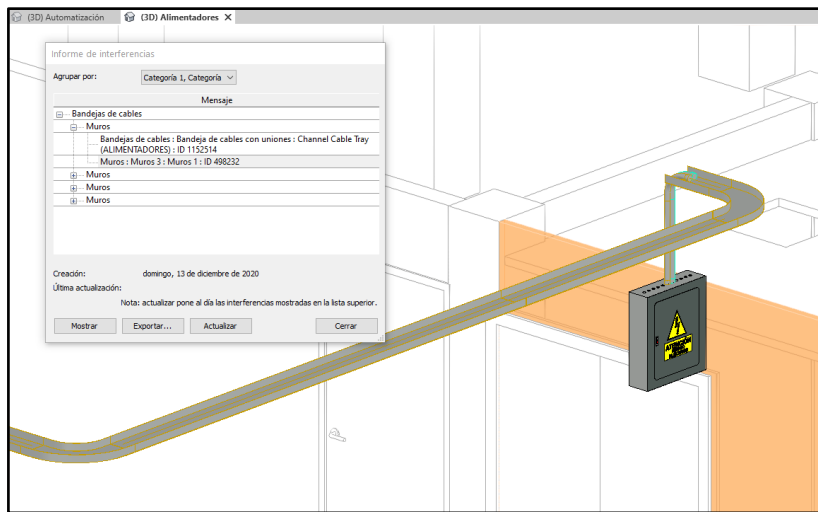
**Figura N° 19: Reuniones ICE**



**Fuente:** Suma BIM

Este tipo de reuniones no se pueden realizar en una sala de juntas o en un ambiente cualquiera, debido a la tecnología empleada y la complejidad de las distintas especialidades, es necesaria la implementación de un ambiente que cuente con las condiciones adecuadas como son, televisores de un tamaño adecuado para que todos puedan observar los planos y modelado de cada especialidad, conexiones adecuadas para los equipos multimedia, ambiente con una señal de wifi buena (Por si se emplea la nube como medio de almacenamiento), buena iluminación, etc., este ambiente se empleara no solo para reuniones entre todos los especialistas, sino también entre especialidades como pueden ser Mecánicas - Eléctricas, Arquitectura – Especiales, entre otras, ,esto debido a la identificaciones de interferencias entre las mismas, el modelado virtual de la edificación en BIM nos permite ubicar esta interferencias, las cuales son conocidas como Clash Detection.

Figura N° 20: Detección de interferencias



Fuente: Elaboración propia

El especialista o coordinador general de proyecto al detectar una interferencia entre especialidades, procede a elaborar un informe donde se detallan e identifican las interferencias, debiendo llevarse a cabo una sesión ICE entre las especialidades involucradas, para que conjuntamente se encuentre la mejor solución al problema. Solucionada las interferencias se procede a remitir en mismo informe, pero con la solución planteada y el impacto que este tendrá en el proyecto, tal como se puede apreciar en la siguiente figura.

Figura N° 21: Reporte de detección de interferencias

| N°   | ESP        | PISO | ID  | EJE | TIPO                               | DESCRIPCIÓN   | MODELO BIM | SOLUCIÓN PROPUESTA   | IMPACTO | ESTADO    | FECHA ENVÍO | RESPUESTA ESPECIALISTA  | FECHA RPTA | MEDIO | ESTADO   |
|------|------------|------|-----|-----|------------------------------------|---|------------|--|---------|-----------|-------------|---|------------|-------|----------|
| N 48 | HEE<br>ACI | S2   | M09 | F18 | Interferencia entre especialidades | Interferencia entre Tablero y tubería ACI   |            | Definir cual se reubicará.   | Medio   | Pendiente | 03-Jul      | Se reubicó tubería ACI 60 cm a la izquierda, se actualizó en plano CI-02                              | 03-Jul     | ICE   | Resuelto |
| N 49 | HSS<br>ACI | S2   | M10 | H17 | Interferencia entre especialidades | 1. Interferencia entre tubería de desague y agua.<br>2. En la intersección se considera que la tubería de agua para por encima, pero no se ha considerado la tubería de Desague y colisiona con la tubería de ACI |            | 1. Desplazar a la derecha la tubería de Desague<br>2. Tubería ACI pasa por encima de las tuberías de agua y Desague. | Medio   | Pendiente | 03-Jul      | Se reubicó la tubería de Desague y está ha incluido en el Plano IS-05                                 | 03-Jul     | ICE   | Resuelto |
| N 50 | HSS<br>HEE | S2   | M11 | H17 | Interferencia entre especialidades | Interferencia entre Impulsión de Desague, agua y Bandeja Eléctrica, en la llegada al cuarto de bombas.  |            | Desplazar tuberías de agua e impulsión de Desague  | Medio   | Pendiente | 03-Jul      | Se reubicó recorrido de bandeja de HEE, modificado en plano IE-08                                     | 03-Jul     | ICE   | Resuelto |
| N 51 | HSS<br>ACI | S2   | M12 | H17 | Interferencia entre especialidades | Interferencia entre Bandeja HEE con tubería ACI y tubería de impulsión de Desague.  |            | Desplazar tuberías de ACI e impulsión de Desague   | Medio   | Pendiente | 03-Jul      | Se reubicó tubería de Desague modificado en plano IS-02 y Bandeja Eléctrica modificado en plano IE-07 | 03-Jul     | ICE   | Resuelto |

Fuente: Elaboración propia

### **4.13.3 PROBLEMAS DE DOCUMENTACIÓN, INFORMACIÓN Y COMUNICACIÓN**

Dada la complejidad y magnitud de los proyectos, la información generada en torno a ellos es cada vez más abundante. La información producida por muchas fuentes y por distintos niveles de abstracción y detalle, contribuyen a la fragmentación del sector construcción. Por lo tanto, la comunicación y la cooperación entre estos fragmentos son clave para hacer posible la construcción.

Las organizaciones que emprenden múltiples proyectos de construcción o incluso sólo un proyecto de alta complejidad, enfrentan deficiencias en la comunicación que crean innecesarios y costosos retrasos. Aunque las instituciones racionalizan exitosamente la comunicación de la información del proyecto, todavía luchan para comunicar la información eficazmente con el equipo externo del proyecto.

La complejidad del problema de la comunicación no sólo reside en el tipo de proyecto, sino que en la inherente naturaleza de estos. Incluso el proyecto de edificación más básico requiere que la información fluya dentro y entre las entidades. Internamente, gerentes, subgerentes, proyectistas, supervisores, residentes y asistentes los cuales revisan, administran y aprueban documentos relacionados con el proyecto. Una vez que el proyecto está completado, las organizaciones también deben administrar, operar y mantener las instalaciones, donde necesitan información que incluye planos as-built, plantas de espacios, especificaciones de equipos, garantías, etc. Por otro lado, gestionar la información del proyecto en forma interna es sólo la mitad del trabajo, usualmente la mitad fácil. Muchas organizaciones encuentran más difícil asegurar una comunicación efectiva entre las dependencias involucradas en el proyecto. Un proyecto demanda comunicaciones externas con clientes, agencias de gobierno, ingenieros, consultoras, constructores, subcontratistas, abogados, inversionistas, proveedores, y muchos más.

### **4.14 BIM VERSUS CAD**

De acuerdo a las diferentes referencias consultadas en la elaboración del presente trabajo y la modelación del proyecto hotel 5 estrellas, la implementación de BIM significa una superior capacidad de eficacia y tiempo de modelado en

proyectos constructivos, así como una mejor gestión de los diseños requeridos en un proyecto, todo esto en comparación de la metodología basada en el uso del AutoCAD.

Sabemos que actualmente no es fácil decidir qué conjunto de herramientas utilizar para empezar un proyecto. Por eso hoy vamos a sobre el flujo de trabajo que se encuentran disponibles en el mercado. Por el marco normativo actual parece que todo apunta al uso de software con plataforma BIM. El primer obstáculo deberían ser los precios del software. Pero seamos sinceros, no todos los profesionales utilizamos software licenciado, por eso algunas empresas otorgan licencias de estudiante por 01 año, el segundo obstáculo es implementar un solo programa cuya plataforma facilite nuestro trabajo y el de nuestros colaboradores.

#### **4.14.1 FLUJO DE TRABAJO CON CAD**

El flujo de trabajo con AutoCAD, consiste en la representación de las instalaciones mediante el uso del dibujo en 2D, la información que pueden contener las líneas, textos, bloques no van más allá que un nombre propio y un tipo de color representativo, es verdad que existe cierto grado de automatización con el dibujo paramétrico, pero este no trasciende más allá del dibujo en planta, por ello que a la hora de realizar el metrado, el AutoCAD presenta limitaciones.

Así mismo AutoCAD 3D, nos permite modelar y representar diversos tipos de objetos, así como instalaciones en 3D, esto también solo sirve como una herramienta visual, que solo nos permite representar un modelo 2D en 3D.

#### **4.14.2 FLUJO DE TRABAJO CON BIM**

BIM es una metodología de trabajo amplia, y uno de sus herramientas y quizás la más fundamental es el desarrollo del modelado virtual tanto de la edificación (estructural y arquitectónico) como de las instalaciones, en este caso eléctricas y especiales.

La elaboración de un modelo virtual, conlleva a que las diferentes especialidades elaboren sus diseños, en una plataforma única en la que todos los especialistas puedan compartir información en tiempo real, el modelado se hace mediante el modelado paramétrico, que, a diferencia del AutoCAD, además de un nombre y un color representativo cada familia puede contener información relevante como

medidas, especificaciones, características, todo esto dependiendo del nivel LOD requerido.

Toda la información proporcionada durante el modelado, se puede emplear para realizar cálculos, así mismo se puede cuantificar de manera automática en el software en este caso el REVIT.

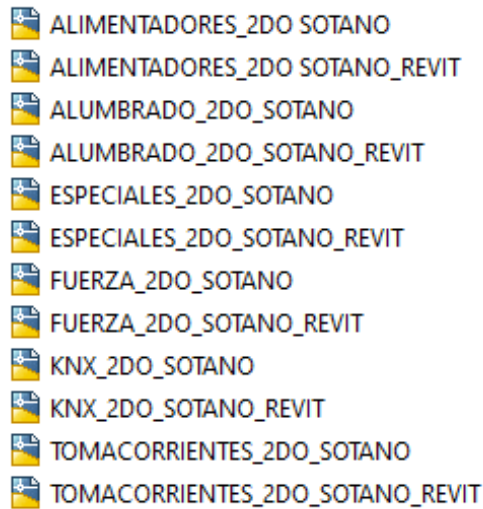
#### **4.15 APLICACIÓN AL DISEÑO DE UN HOTEL 5 ESTRELLAS**

En el diseño de las instalaciones automatizado de las instalaciones eléctricas y especiales de un hotel 5 estrellas, por su complejidad y por ser nuevo el concepto de automatización conlleva a emplear como punto de partida el diseño de las instalaciones en AutoCAD, una vez teniendo plasmada la idea de manera coherente, se procedió a elaborar el modelado virtual en REVIT en función a los planos ya elaborados en AutoCAD.

En el desarrollo del modelado, pudimos encontrar que el software REVIT recién está adquiriendo cierta madurez en el módulo de las instalaciones eléctricas y especiales, si bien actualmente la versión de REVIT permite desarrollar con comodidad las instalaciones de una vivienda unifamiliar o multifamiliar convencional, pero para el desarrollo de proyectos complejos que contemplen la automatización de las instalaciones, solo nos va permitir la construcción virtual para la identificación de interferencias y control de obra, mas no se podar realizar las conexiones y los cálculos correspondientes al diseño.

##### **4.15.1 METODOLOGÍA TRADICIONAL**

El diseño de las instalaciones se separó en 6 tipos de instalaciones, todas ellas elaboradas primigeniamente en AutoCAD, cabe resaltar que se manejaron dos tipos de planos, uno netamente para AutoCAD y otro para ser cargado como base en REVIT, para las 6 especialidades.

**Figura N° 22: Planos elaborados en AutoCAD**

**Fuente:** Elaboración propia

#### 4.15.2 METODOLOGÍA BIM

Teniendo como base los planos elaborados en AutoCAD especialmente para REVIT, estos se cargarán y sobre estos que se hará el modelado virtual.

Existe un concepto en BIM denominado modelo nativo, esto consiste en que todo el modelado virtual de la edificación se hace únicamente en REVIT, esto es factible siempre y cuando se tenga un aplantilla en REVIT bien elaborada y configurada, una librería de familias con materiales y equipos que cumplan con la normativa nacional y sean disponibles en el mercado local.

#### 4.16 HERRAMIENTAS BIM

Para el desarrollo del modelado BIM de un proyecto existen diversas alternativas, entre las más empleadas y útiles para nuestra especialidad podemos encontrar:

##### 4.16.1 AUTODESK REVIT 2021

Autodesk Revit es un software de Modelado de información de construcción (BIM, Building Information Modeling), para Microsoft Windows, desarrollado actualmente por Autodesk. Permite al usuario diseñar con elementos de modelación y dibujo paramétrico. BIM es un paradigma del dibujo asistido por computador que permite un diseño basado en objetos inteligentes y en tres dimensiones. De este modo, Revit provee una asociatividad completa de orden bidireccional. Un cambio en algún lugar significa un cambio en todos los lugares, instantáneamente, sin la intervención del usuario para cambiar manualmente todas



las vistas. Un modelo BIM debe contener el ciclo de vida completo de la construcción, desde el concepto hasta la edificación. Esto se hace posible mediante la subyacente base de datos relacional de arquitectura de Revit, a la que sus creadores llaman el motor de cambios paramétricos. (Wikipedia, 2010)



#### 4.16.2 ArchiCAD 24

Este software, ofrece un diseño y una interfaz muy intuitiva y clara, cumple con todos los requisitos de entrega digital. Así como es capaz de gestionar toda la información necesaria para la construcción, ofreciendo una colaboración abierta, y de crear toda la documentación casi de una manera automatizada.

A medida que diseñas tu proyecto, ArchiCAD (como cualquier otro software de modelado BIM) te va generando automáticamente toda la documentación del proyecto, ahorrando así tiempo y mejorando el rendimiento, la productividad y la calidad de tus proyectos.





## CAPITULO V

### AUTOGENERACIÓN HÍBRIDA

#### 5.1 SISTEMA HÍBRIDO

Cuando dos o más fuentes de energía se combinan en un solo sistema de generación de energía eléctrica, surge lo que se denomina un sistema híbrido. Estos sistemas están compuestos generalmente por fuentes renovables de energía y cuando se considera necesario se complementan con uno o más grupos electrógenos, siendo estos últimos empleados solo en condiciones de emergencia.

Este tipo de sistemas como se mencionó suelen incluir fuentes complementarias como grupos electrógenos, fuentes de energías renovables (Solar, eólico, biomasa, geotérmico, etc.), sistemas de almacenamiento y soluciones de gestión, pudiendo estar conectados o no a la red eléctrica, lo cual va depender de la magnitud de generación del sistema. Estos sistemas responden a la necesidad de la demanda energética de la edificación que va desde viviendas particulares, edificios comerciales, complejos mineros, hasta de poblaciones completas en zonas urbano - rurales o rurales donde no se tenga acceso a la red eléctrica convencional.

Los Sistemas Híbridos de Generación de Energía (SHGE), cuando son dimensionados de forma correcta, presentan menor costo de la energía generada, mayor confiabilidad, además de beneficios ambientales en relación a sistemas basados en una única fuente renovable o sistemas de generación tradicionales. Sin embargo, el dimensionamiento de este tipo de sistemas se presenta como una tarea compleja, debido a la variabilidad de los recursos renovables (solar, eólica, biomasa, geotérmico, etc.) y de la carga, el comportamiento no lineal de algunos componentes del sistema y la alta interacción entre las variables del sistema.

Aunque las tecnologías de generación híbrida, cada vez son más eficientes y de menor costo, existe la creencia que aún no pueden competir con los costos del sistema convencional y aunque siguen siendo objeto de estudio y desarrollo. Los sistemas más promisorios y con mejores resultados ya implementados a nivel mundial son el eólico y el fotovoltaico.

### 5.1.1 SISTEMA HÍBRIDO AUTÓNOMO

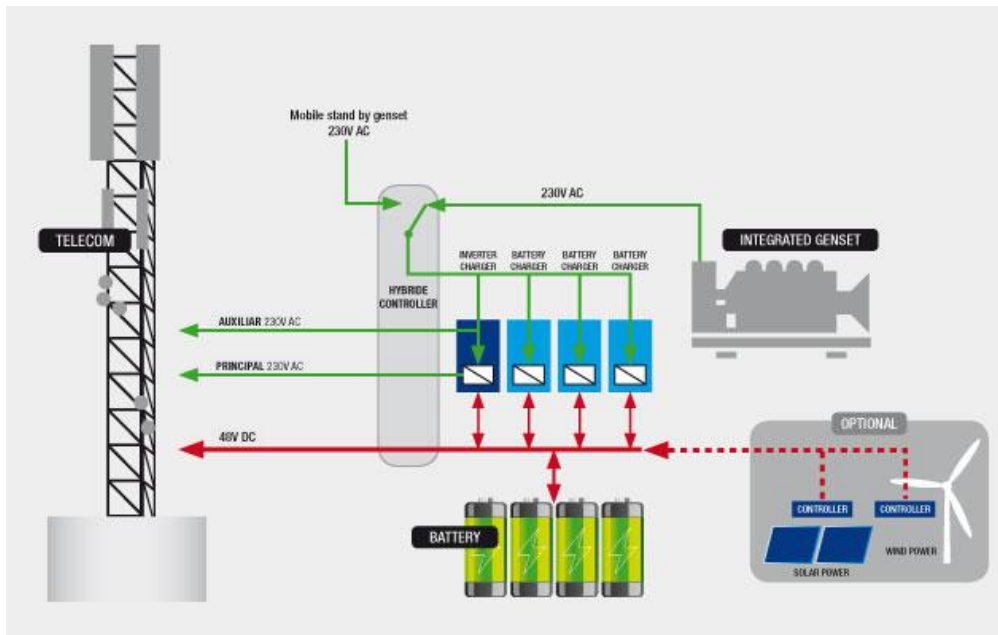
Son aquellos que se encargan de brindar energía eléctrica, de manera continua, a un centro de consumo que no está conectado a la red convencional de energía eléctrica; debido mayoritariamente a la distancia al tendido eléctrico más cercano o una baja demanda energética; estos factores conllevan a un elevado costo de transporte de energía. Esto ocurre con muchos centros poblados rurales, viviendas residenciales aisladas, cultivos y algunas pequeñas fábricas alejadas del área urbana.

Al igual que un sistema conectado a la red, en este tipo de sistemas las fuentes principales de generación de energía son las mismas. La diferencia se presenta en las propuestas dadas en el diseño para garantizar la autonomía en la entrega de energía por un determinado período de tiempo a todas las cargas o las de mayor importancia en el centro de consumo.

Para garantizar la entrega de energía por un determinado periodo de tiempo, lo que se plantea, en la mayoría de los casos, es el diseño e instalación de un banco de baterías, con una capacidad de almacenamiento de energía capaz de abastecer la demanda energética cuando las fuentes principales de generación proporcionan una cantidad de energía menor a la requerida.

Dado el caso de un centro médico con atención durante las 24 horas del día o una fábrica de producción constante, surge la necesidad primordial de mantener energizado el sistema, para lograr esto, generalmente se instala un grupo electrógeno en paralelo, el cual funciona cuando el banco de baterías no es capaz de garantizar la autonomía del sistema. En la figura se muestra el esquema de conexión de un sistema híbrido con autonomía.

**Figura N° 23:** Sistema híbrido autónomo (Ejemplo antena de Telecomunicaciones)



**Fuente:** Lexus

### 5.1.2 SISTEMA HÍBRIDO CONECTADO A LA RED ELÉCTRICA

A diferencia de un sistema autónomo, un sistema híbrido conectado a la red eléctrica es aquel que, en lugar de usar un banco de baterías o un grupo electrógeno, para garantizar la entrega de energía a la carga, utiliza el suministro de energía de la red eléctrica.

**Figura N° 24:** Sistema híbrido conectado a la red



**Fuente:** Lexus

#### 5.1.2.1 ASPECTOS A TENER EN CUENTA

Los aspectos sociales y legales dentro de la comunidad donde se proyecta instalar un sistema híbrido son muy importantes para una adecuada toma de decisiones, debido a que algunos factores pueden alterar e incluso poner fin a los

planes de instalación de un sistema de generación de este tipo. En general, las zonas rurales son las menos afectadas por estas cuestiones; por ejemplo, en algunos distritos, áreas o urbanizaciones se restringen la altura de estructuras, aunque frecuentemente es posible que existan excepciones. Para obtener más información de las restricciones y ordenanzas sobre la planificación urbana de la zona y los requerimientos de edificación, hay que ponerse en contacto con el área de planificación urbana y edificaciones de las municipalidades distritales o provinciales de la zona, ellos pueden indicar si se requiere obtener un permiso de construcción e incluso pueden proporcionar una lista de todos los requerimientos.

Adicionalmente para evitar objeciones públicas imprevistas, especialmente por la vista de un aerogenerador en la zona, es preferible comunicar los planes de la instalación con los vecinos, quienes podrían objetar una posible obstrucción de su visibilidad o una molestia a causa del ruido. El nivel de ruido de los aerogeneradores residenciales modernos está entre los 52 y 55 dB, esto significa que el ruido producido es comparable a un refrigerador en funcionamiento. De igual manera es recomendable llevar a cabo una investigación del título de propiedad para determinar si existen acuerdos anteriores que no permitan la instalación de un sistema de generación alternativo en la propiedad.

#### **5.1.2.2 NORMATIVIDAD Y MARCO LEGAL NACIONAL**

Cualquier entidad o particular que se dedique a la generación de energía que pretenda ingresar al mercado eléctrico peruano, debe regirse a lo establecido en la “Ley de Concesiones Eléctricas” D.L N° 25844, haremos mención de algunos artículos y molas modificaciones del D.L N°1002 “Decreto legislativo de promoción de la inversión para la generación de electricidad con los usos de energías renovables”.

- El artículo 1° menciona que se tiene por objeto promover el aprovechamiento de los “Recursos Energéticos Renovables” (RER) para mejorar la calidad de vida de la población y proteger el medio ambiente, mediante la promoción de la inversión en la producción de electricidad.
- El artículo 3° del mismo decreto nos define como RER a los recursos energéticos tales como biomasa, eólico, solar, geotérmico y mareomotriz.

Tratándose de la energía hidráulica, cuando la capacidad instalada no sobrepase los 20 MW.

- La modificación del artículo 3° menciona que se requiere la concesión definitiva para el desarrollo de la generación de energía eléctrica con RER para una potencia instalada mayor a 500 kW.
- El artículo 10° que trata sobre la investigación sobre energía renovables, menciona que el Consejo Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación Tecnológica (CONCYTEC), en coordinación con el Ministerio de Energía y Minas y los Gobiernos Regionales, implementará los mecanismos y acciones correspondientes para el desarrollo de proyectos de investigación sobre energías renovables, promoviendo la participación de universidades, instituciones técnicas y organizaciones de desarrollo especializadas en la materia.

Se aprecia que en el Decreto Ley N° 1002 y en otros asociados a éste como lo son el Decreto Supremo N°009-93-EM (Reglamento de la LCE) y la Ley N°28832 (Ley para asegurar el desarrollo eficiente de la generación eléctrica), no se hace alusión alguna a sistemas de microgeneración menores a 500 kW, por lo que se aprecia un vacío dentro de la promoción e incentivo del uso de los recursos renovables, como fuentes de generación de baja potencia dentro de nuestro país, tal como cita el artículo 10° de este decreto legislativo de la LCE.

En el Código Nacional de Electricidad - Utilización, no se hace mención a sistemas solares o eólicos conectados a la red. En la Sección 350 “Sistemas solares fotovoltaicos”, sólo se mencionan las consideraciones respecto a la instalación y protección de estos sistemas.

La Sección 430 “Interconexión de fuentes de producción de energía eléctrica” del Código Nacional de Electricidad - Utilización, “se aplica a la instalación del equipamiento de generación de energía eléctrica de propiedad del usuario (autoprodutor o empresa autorizada) conectado y operado en paralelo con el sistema eléctrico del suministro público de energía eléctrica”.

En la anterior sección se señala que el requerimiento general para el montaje de la interconexión, debe efectuarse de acuerdo con los requerimientos de los

concesionarios de servicio de electricidad o suministrador de energía eléctrica. Entre estos requisitos tenemos a los siguientes:

- La empresa distribuidora de electricidad debe ser previamente consultada antes de planificar una interconexión.
- La interconexión no debe afectar la seguridad de la operación del sistema de la empresa suministradora.
- La energía emitida por un generador autoprodutor, cuando se conecte en paralelo con el sistema de la empresa suministradora, no debe afectar en forma adversa la tensión, frecuencia o la forma de onda del sistema al cual se conecta.

El primer requerimiento señalado es el de mayor importancia, puesto que de la respuesta recibida se llevará a cabo el estudio de los demás requisitos. En muchos casos no les conviene a las empresas distribuidoras que sus clientes instalen sistemas de generación interconectados a su red. Sin embargo, en algunos casos la empresa distribuidora puede informar acerca de la posibilidad de incentivos o subvenciones para la inversión y/o primas disponibles para sistemas que emplean recursos renovables.

En la elección de una fuente de generación influyen muchos aspectos, en donde el factor económico es determinante casi en la totalidad de los casos. La inversión inicial, el costo de generación involucrado y el tiempo de recuperación de lo invertido, determina el tipo de recurso que se va a emplear y la magnitud del proyecto a ejecutar.

En países como el Perú, se aprecia claramente que no existe alguna ley ni normativa específica para la ejecución de proyectos de generación de energía con base a fuentes renovables; a diferencia de países como España en donde sí existen decretos tales como el 1578/2008 en donde se retribuye aproximadamente 5 veces el valor de la tarifa media o de referencia por kWh generado para instalaciones fotovoltaicas de baja y media potencia, lo que hace mucho más factible, desde el punto de vista económico, la instalación de un sistema de este tipo, debido a la alta inversión inicial que se debe hacer.

Lo antes mencionado no quiere decir que se declare desde ya inviable la instalación de un sistema híbrido en base a fuentes renovables, conectado a la red en países como el Perú; sino que se debe obrar con una mayor precaución y un análisis tanto técnico como económico más minucioso, para lo cual se deberá dialogar y analizar detenidamente todos los aspectos involucrados con el área comercial y técnica de la empresa distribuidora de energía de la región, que permita determinar el alcance, magnitud y limitaciones del proyecto que se quiera llevar a cabo.

### **5.1.2.3 IDENTIFICACIÓN DE BARRERAS Y LIMITACIONES**

En la práctica los sistemas de generación híbrida presentan una serie de barreras y limitaciones de diferentes tipos. En la siguiente clasificación se muestran algunas de las más importantes:

#### **5.1.2.3.1 BARRERAS TECNOLÓGICAS**

- Ausencia de sistemas de almacenamiento de energía de alta capacidad y rendimiento.
- Falta de mejoras en los sistemas electrónicos de potencia, que mejoren la confiabilidad de los sistemas eólicos y reduzcan el costo de la energía producida.
- Carencia de estudios especializados en la recolección de datos meteorológicos, en aquellas zonas con alto potencial de recursos renovables.

#### **5.1.2.3.2 BARRERAS EN EL MERCADO**

- En lo relacionado a los aerogeneradores, hay una falta de diversidad en los modelos y tamaños de fabricación que son ofrecidos para los diferentes segmentos del mercado internacional.
- Inexistencia de mano de obra y personal técnico y profesional bien capacitado
- dentro del mercado nacional, para el estudio, diseño e implementación de proyectos de generación de energía limpia.
- Inexistencia de productores y bajo número de proveedores nacionales de equipos y dispositivos, con los estándares necesarios para una interconexión exitosa a la red pública.

### **5.1.2.3.3 BARRERAS POLÍTICAS**

- Falta de reglamentos y normativas específicas para el desarrollo de proyectos de generación de energía que empleen fuentes renovables.
- Inexistencia de cualquier tipo de incentivos que fomente el uso de energía limpia a pequeña y mediana escala.
- Carencia de información sobre los requerimientos y restricciones en edificaciones dentro del área urbana.
- Excesivos requisitos y trámites burocráticos; así como ausencia de modelos para la interconexión de pequeños productores dentro del interconectado nacional.
- Poca promoción por parte del estado sobre los usos y beneficios de la generación eólica y solar a pequeña y mediana escala.
- Baja promoción de las energías renovables dentro de la educación, en todos los niveles de información dentro del país.

## **5.2 CÁLCULO DE LA DEMANDA DE ENERGÍA**

### **5.2.1 EVALUACIÓN DE LA DEMANDA**

Debido a las limitaciones que se evidenciaron en el capítulo anterior, se vio por conveniente emplear el cálculo eléctrico del TABLERO GENERAL TG-01 del BLOQUE SAPHI, del expediente original.

En el marco conceptual del Capítulo II del presente trabajo, se describieron los dos métodos válidos para la determinación de la máxima demanda instalada, el empleado para el cálculo de la máxima demanda del TG-1, es el método 2, de la norma EM.010 del CNE (Potencia instalada).



**Tabla N° 18: Máxima Demanda TG-1**

| TABLERO GENERAL TG_1, BLOQUE SAPHI    |                         |             |      |               |
|---------------------------------------|-------------------------|-------------|------|---------------|
| CTO                                   | DESCRIPCION<br>75 POLOS | P.I.<br>(W) | F.D. | M.D.<br>(W)   |
| C-1                                   | TP-S21                  | 14037       | 0.87 | 12277         |
| C-2                                   | TP-S22                  | 10254       | 0.92 | 9418          |
| C-3                                   | TP-S23                  | 0           | 0.00 | 0             |
| C-4                                   | TF-S21                  | 48117       | 1.00 | 48117         |
| C-5                                   | TP-S11                  | 8749        | 0.93 | 8133          |
| C-6                                   | TP-S12                  | 18455       | 0.93 | 17223         |
| C-7                                   | TP-S13                  | 3645        | 0.93 | 3381          |
| C-8                                   | TP-S14                  | 13361       | 0.86 | 11425         |
| C-9                                   | TF-S11                  | 18304       | 1.09 | 19995         |
| C-10                                  | TF-MS1                  | 5417        | 1.00 | 5417          |
| C-11                                  | TP-11                   | 6420        | 0.91 | 5848          |
| C-12                                  | TP-12                   | 4140        | 0.91 | 3788          |
| C-13                                  | TP-13                   | 10640       | 0.90 | 9616          |
| C-14                                  | TP-14                   | 5899        | 0.92 | 5447          |
| C-15                                  | TF-11                   | 95440       | 0.86 | 82352         |
| C-16                                  | TG-21A                  | 93155       | 0.84 | 78203         |
| C-17                                  | TG-31A                  | 82923       | 0.85 | 70119         |
| C-18                                  | TG-EST-1                | 39600       | 0.80 | 31680         |
| C-19                                  | Reserva                 |             |      |               |
| C-20                                  | Reserva                 |             |      |               |
| G                                     | TOTAL                   | 478556      | 0.88 | 422439        |
| <b>MAXIMA DEMANDA EN kW</b>           |                         |             |      | <b>422.44</b> |
| <b>FACTOR DE SIMULTANEIDAD (0.75)</b> |                         |             |      | <b>316.83</b> |
| <b>POTENCIA EN kVA</b>                |                         |             |      | <b>396.04</b> |
| <b>POTENCIA NORMALIZADA EN kVA</b>    |                         |             |      | <b>400.00</b> |

**Fuente:** Expediente original

El sistema de autogeneración híbrido, se diseñó para menguar la máxima demanda del tablero general TG-1 del BLOQUE SAPHI.

### 5.3 EVALUACIÓN DEL RECURSO ENERGÉTICO

#### 5.3.1 EVALUACIÓN DEL RECURSO SOLAR

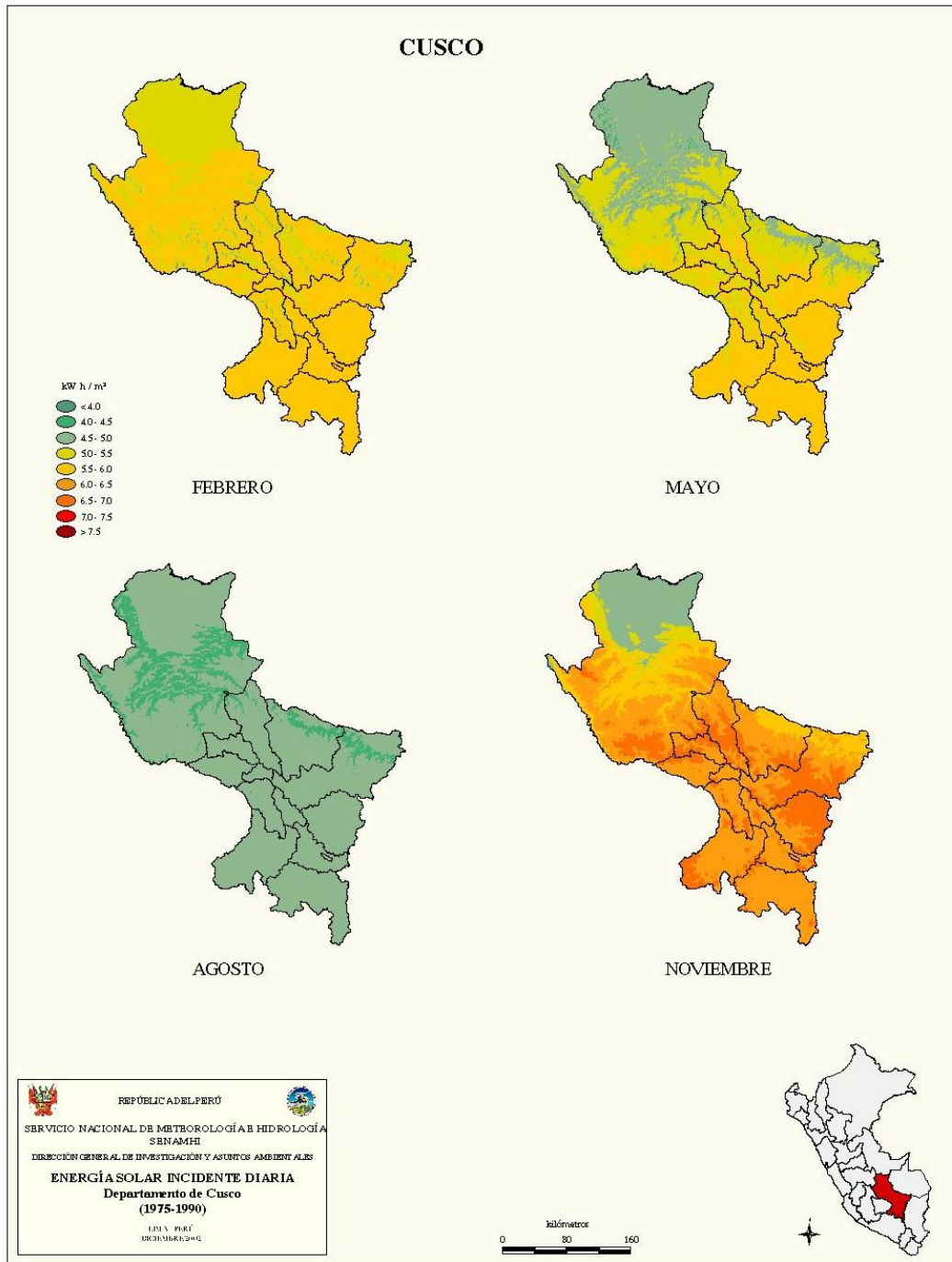
Para la evaluación del recurso solar, es primordial saber la ubicación específica del proyecto, con estos datos y con el atlas solar proporcionado por SENAMHI, se puede conocer el nivel de irradiancia solar promedio anual.

Figura N° 25: Mapa solar del PERÚ



Fuente: SENAMHI

Figura N° 26: Mapa solar del CUSCO



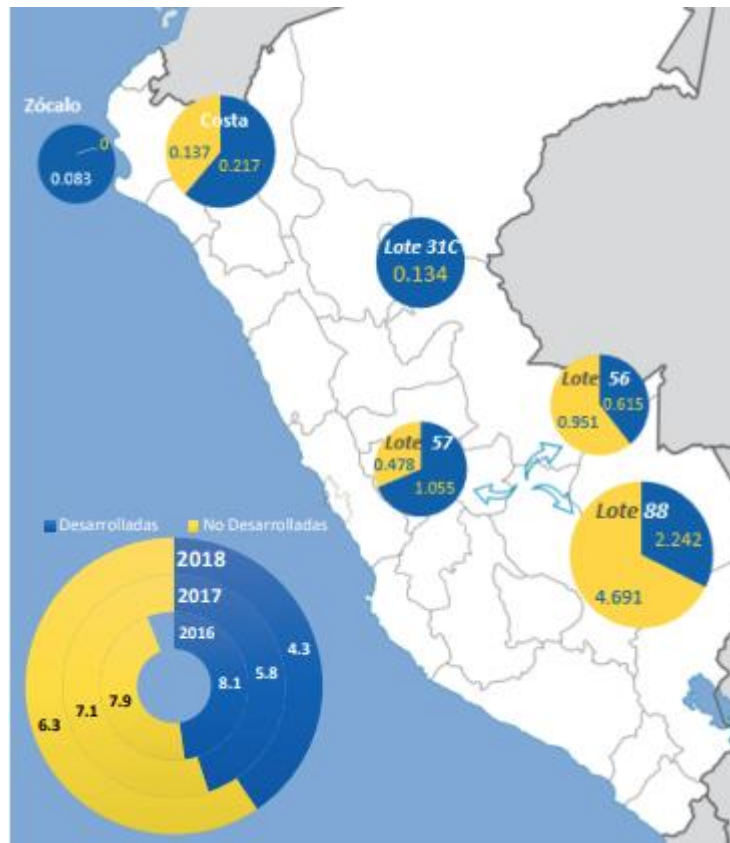
Fuente: SENAMHI

### 5.3.2 EVALUACIÓN DEL GAS LICUADO DE PETROLEO GLP

La industria de gas y líquidos de gas natural en nuestro país es una realidad que muestra un continuo crecimiento. Está presente en la manufactura de los principales sectores industriales y tiene impacto positivo sobre el crecimiento económico y socio-ambiental a futuro.

Las reservas, al 31 de diciembre de 2018, han disminuido en 2,3 TCF respecto a la revisión del año anterior, debido a la producción del año 2018 que alcanzó un consumo de gas por 0,466 TCF de gas. Además, la disminución se sustenta en la reestimación de volúmenes con base en el ajuste en el modelo de simulación en campo Pagoreni operado por Pluspetrol en el Lote 56, así como también en campo Cashiriari operado por Pluspetrol en el Lote 88. En el Gráfico 8 se muestran las variaciones de los volúmenes de gas natural categorizadas como reservas al 31 de diciembre de los años 2016, 2017 y 2018. Para el año 2017 hubo una reducción de 19,9% respecto al 2016, y para el 2018 una reducción en 17,6%.

**Figura N° 27: Mapa solar del CUSCO**

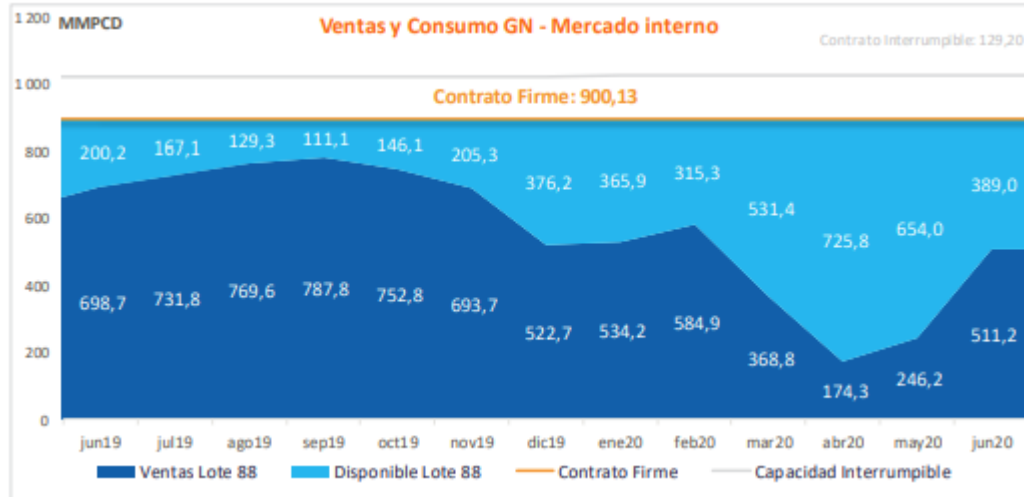


**Fuente:** SENAMHI

Los volúmenes de gas natural contratados se suscriben en la modalidad a volumen firme o interrumpible, sin embargo, el consumo de cada empresa es inferior a lo establecido en los contratos correspondientes, debido a ello se tiene en el mercado volumen no utilizado, que viene a ser la diferencia entre los volúmenes a contrato firme y el volumen medido en el punto de entrega; para el consumo del mercado nacional esta diferencia se muestra en celeste en el Gráfico 17, se

observa el nivel más bajo de ventas en el mes de abril debido a la emergencia provocada por el COVID-19.

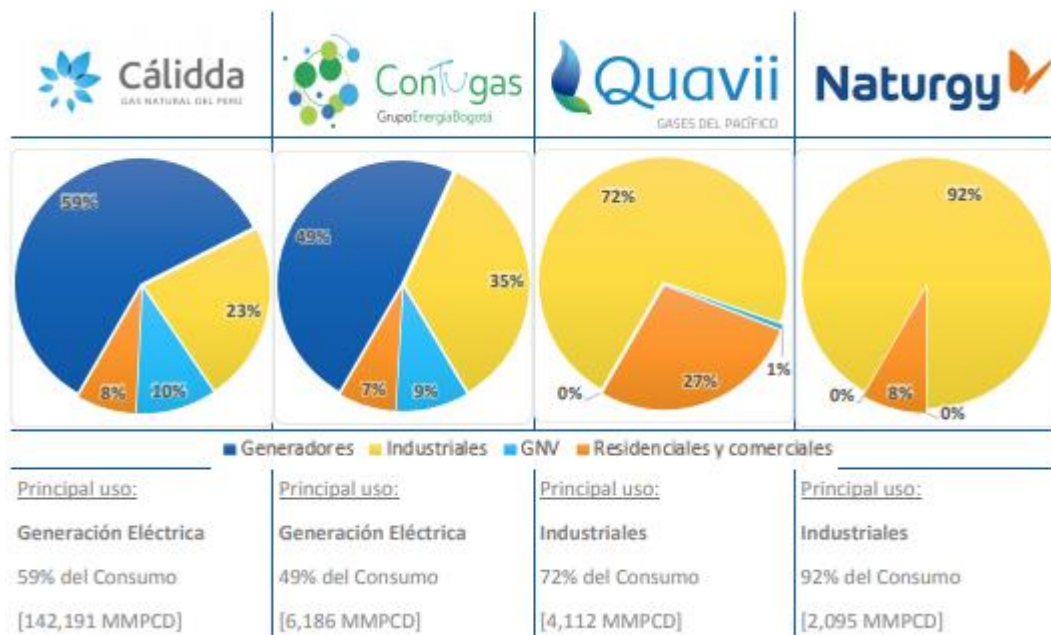
**Figura N° 28: Mapa solar del CUSCO**



Fuente: SENAMHI

De acuerdo al estimado de las empresas concesionarias, tenemos en el siguiente gráfico, el detalle de la participación de los sectores económicos en el consumo de gas natural dentro de sus concesiones. Respecto al trimestre 2020-2, como se puede apreciar son los sectores de Generación Eléctrica e Industrial, los mayores consumidores.

**Figura N° 29: Mapa solar del CUSCO**



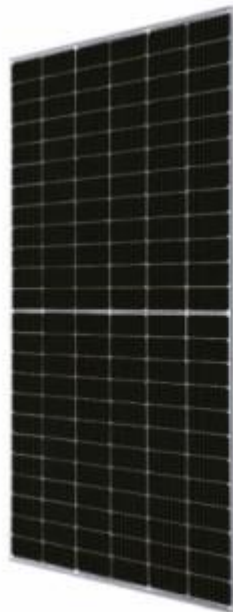
Fuente: SENAMHI

## 5.4 COMPONENTES Y DIMENSIONAMIENTO DEL SISTEMA HÍBRIDO

### 5.4.1 PANELES FOTOVOLTÁICOS

Los paneles solares monocristalinos cuentan con una eficiencia mayor que el policristalino, siempre que este sea de calidad equivalente. Normalmente, los paneles solares monocristalinos son de gran utilidad cuando necesitamos encontrar el panel solar de mayor potencia del mercado en el momento de la compra, dados que los modelos de panel solar más eficientes salen fabricados en célula monocristalino, pero en el caso de que editemos un panel solar y no tengamos problemas de espacio o la potencia instalada no sea crítica, la opción de utilizar un panel solar policristalinos tomará mucho valor.

*Figura N° 30: Mapa solar del CUSCO*



**Fuente:** SENAMHI

#### CARACTERÍSTICAS:

- Potencia del Panel Solar: 455W
- Tipo de Célula del Panel Solar: Monocristalino PERC
- Rigidez del Panel Solar: Rígido
- Dimensiones del Panel Solar: Largo x Ancho x Grueso (mm) 2120 x 1052 x 40 mm
- Tensión Máxima Potencia: 41.82V
- Corriente en Cortocircuito ISC: 11.41A



- Eficiencia del Módulo: 20.4%
- Amperios Máximos de Salida IMP: 10.88A
- Tensión en Circuito Abierto: 49.85V
- Voltaje de Trabajo del Panel Solar: 24V
- Peso del Panel Solar: 25Kg
- Marco del Panel Solar: Blanco y Gris
- Garantía del Panel Solar: 25 años

#### 5.4.2 GENERADOR ELÉCTRICO A GAS

Un generador de gas es, por lo general, un dispositivo en cuyo interior mediante una reacción química una (o varias) sustancia en estado sólido o líquido desprende gas. La finalidad es producir grandes volúmenes de gas relativamente frío, en lugar de maximizar la temperatura y el impulso específico. Aunque sea relativamente frío puede superar los 600 °C. La relativa baja temperatura permite manipular el gas más fácilmente en muchas aplicaciones, sobre todo para mover turbinas. Generalmente se emplean cuando se necesitan grandes volúmenes de gas y su almacenamiento en forma de gas a presión es no aconsejable o poco práctico.

*Figura N° 31: Generador eléctrico a gas*



*Fuente: CAT*

#### CARACTERÍSTICAS:

- Frecuencia: 60Hz
- Clasificación de gas natural: 300ekW
- Cilindrada: 14.17L
- Velocidad: 1800 rpm

## 5.5 CÁLCULO DE LA AUTOGENERACIÓN HÍBRIDA

En la siguiente tabla se puede ver el cálculo del dimensionamiento del sistema de generación fotovoltaico.

|   |                 |                        |                         |                           |                                   |
|---|-----------------|------------------------|-------------------------|---------------------------|-----------------------------------|
| Consumo teórico del sistema (Wh/día)                | 80000.000       |                        |                         |                           |                                   |
| Potencia pico del panel (W)                         | 455             |                        |                         |                           |                                   |
| Horas solar pico                                    | 3.000           |                        |                         |                           |                                   |
| RENDIMIENTO GLOBAL                                  | 0.797           |                        |                         |                           |                                   |
| DIAS DE AUTONOMIA                                   | 1.000           |                        |                         |                           |                                   |
| PROFUNDIDA DE DESCARGA                              | 0.5             |                        |                         |                           |                                   |
| Numero total de modulos                             | 76.587          |                        |                         |                           |                                   |
| Voltaje de funcionamiento del banco de baterías (V) | 24.000          |                        |                         |                           |                                   |
| Voltaje de las baterías                             | 12.000          |                        |                         |                           |                                   |
| Capacidad de las baterías (Ah)                      | 316.000         |                        |                         |                           |                                   |
| Numero total de Baterías                            | 21.967          |                        |                         |                           |                                   |
| <b>ENERGIA TOTAL</b>                                |                 |                        |                         |                           |                                   |
| <b>EQUIPOS</b>                                      | <b>Cantidad</b> | <b>Consumo C/u (W)</b> | <b>Consumo Gral (W)</b> | <b>Uso diario (h/día)</b> | <b>Consumo Máximo,CT (Wh/día)</b> |
| TG-1 BLOQUE SAPHI                                   | 1.00            | 80000.00               | 80000.00                | 1.00                      | 80000.00                          |
|   |                 |                        |                         |                           |                                   |
|   |                 |                        |                         |                           |                                   |
| <b>Energía Total</b>                                |                 |                        |                         |                           | <b>80000.00</b>                   |

Cálculo de la generación eléctrica con grupo electrógeno:

El grupo electrógeno seleccionado tiene una capacidad de generación de 300kW.

La suma de las dos fuentes de generación fotovoltaica y a gas, proveen de una energía nominal de 380kW.

## 5.6 CÁLCULO ECONÓMICO DE LA GENERACIÓN HÍBRIDA:

Par el cálculo económico de la generación hibrida se han tomado valores de proyectos similares de cada una de las alternativas seleccionadas.

### 5.6.1 COSTO GENERACIÓN FOTOVOLTÁICA

El costo de la generación fotovoltaica se hará solo a nivel de mantenimiento, no tomándose en cuenta para el presente trabajo el costo del montaje y la instalación de sistema fotovoltaico, asumiendo que el sistema ya se encuentra en operación.

| SISTEMA      | NRO DE PANELES | COSTO MANTENIMIENTO POR PANEL | TOTAL     |
|--------------|----------------|-------------------------------|-----------|
| FOTOVOLTAICO | 173            | S/ 20.00                      | S/ 576.67 |



### 5.6.2 COSTO DE GENERACIÓN CON GRUPO ELÉCTROGENO A GAS

El costo de la generación con gas, se hará al igual que en el sistema fotovoltaico, asumiendo que el grupo electrógeno ya se encuentre en operación, por lo cual solo se tomaran en cuenta los costos de operación y mantenimiento del sistema.

| GRUPO ELÉCTROGENO | POTENCIA | COSTO DE MANTENIMIENTO | COSTOS DE OPREACIÓN | TOTAL       |
|-------------------|----------|------------------------|---------------------|-------------|
| GLP               | 300kv    | S/ 500.00              | S/ 2,000.00         | S/ 2,500.00 |

### 5.7 COMPARATIVA DEL COSTO kW.h

Con la información económica recabada de la generación fotovoltaica y con grupo electrógeno GLP, se hace la comparativa entre las dos alternativas de suministro de energía (autogeneración hibrida y la red de ELSE S.A.A).

- Costo Kw.h sistema híbrido: S/. 1.846
- Costo Kw.h ELSE S.A.A: S/ 0.837

Por los precios por Kw.h obtenidos podemos, se deviene en que el suministro de energía económicamente más rentable, es el de la concesionaria.

## CONCLUSIONES

1. Como conclusión general, después de haber realizado el trabajo, consideramos que la aplicación de la automatización empleando el estándar KNX en el diseño de las instalaciones eléctricas y especiales en edificaciones revoluciona el concepto que se tenía de estas, ya que este estándar por su simplicidad haciéndolas accesibles y simplificándolas a un punto nunca antes visto, los beneficios que se obtienen con la automatización se dan en cinco áreas, las cuales son comunicaciones, gestión de la energía, confort, accesibilidad, y seguridad, estas áreas las actuales instalaciones eléctricas y especiales no las cubren al 100%.
2. Del diseño realizado en el presente trabajo podemos concluir en que el estándar de protocolo de comunicación KNX-EIB para la automatización de edificaciones es el más adecuado, por la versatilidad de su bus y por su estándar abierto.
3. La aplicación de la tecnología BIM en el diseño automatizado de las instalaciones eléctricas y especiales mediante el uso del software Revit, conlleva a la realización de un doble trabajo, donde primeramente se elaborará el diseño de manera convencional en AutoCAD para luego trasladarlo a Revit, esto hasta tener una base de datos amplia y pericia en el manejo del software.
4. La funcionalidad de un sistema de autogeneración híbrido (Solar – Geotérmico) en nuestra ciudad es viable, siempre y cuando se den ciertas condiciones.
5. Existen muchos estándares internacionales de automatización de edificaciones, los cuales manejan sus propios componentes y configuraciones, para poder elaborar y ejecutar algún proyecto bajo alguno de estos estándares, se necesita estar certificados por los fabricantes de los mismos, no bastando la ostentación de un título profesional.

## RECOMENDACIONES

1. La automatización de las instalaciones eléctricas y especiales debe de ser promovida desde la universidad tanto por docentes y alumnos y desde el campo profesional por ingenieros dedicados al diseño de instalaciones ya sea en el ámbito público como privado.
2. El diseño de proyectos de iluminación ya sea interior, exterior, arquitectónico u ornamental, debe de ser promovido por nuestra escuela profesional y sus docentes, ya que al egresado no le basta con llevar el curso de “instalaciones eléctricas I” y en el mejor de los casos el electivo de especialidad “ingeniería de la iluminación” para entender completamente los conceptos básicos de iluminación.
3. La elaboración de las instalaciones eléctricas y especiales con la tecnología BIM, mediante el software Revit implica que todas las especialidades trabajen de manera coordinada y con el mismo software.

## GLOSARIO

**ALIMENTADORES:** es un conductor que como su nombre indica es el encargado de suministrar toda la corriente que un grupo de cargas consume.

**APLICACIONES:** Son programas informáticos diseñado como una herramienta para realizar operaciones o funciones específicas.

**AREA DE CONFORT:** es un estado en el cual la persona opera en una condición de "ansiedad neutral" utilizando una serie de comportamientos para conseguir un nivel constante de rendimiento sin sentido del riesgo.

**BATERIA:** hacer referencia a un aparato que es capaz de generar suficiente energía eléctrica para activar otros objetos como, linternas, celulares y carros

**BIM:** es un conjunto procesos y metodologías para la generación y gestión de datos de un edificio u obra.

**CIRCUITOS DERIVADOS:** Parte de un sistema eléctrico que incluye el dispositivo final de sobre corriente, como un fusible.

**CIRCUITO ELECTRICO:** es el conjunto de elementos eléctricos conectados entre sí que permiten generar, transportar y utilizar la energía eléctrica con la finalidad de transformarla en otro tipo de energía.

**COMUNICADORES:** son equipos especialmente diseñados para la comunicación, son portátiles y se alimentan con baterías.

**CONEXIÓN:** es un enlace o una atadura que une una cosa con otra.

**CONVERTIDOR CC:** se conocen como reguladores de conmutación. Los circuitos cambiarán el nivel de tensión disponible de la fuente de CC como una batería, celda solar, o pila de combustible a otro nivel de CC, ya sea para suministrar una carga de CC o para ser utilizada como una tensión intermedia para una conversión electrónica de potencia adyacente tal como un convertidor CC/CA.

**CONVERTIDOS CA:** produce en la salida una tensión también alterna, pero de características distintas, sea en valor eficaz, sea en frecuencia, o en ambas.

**DESCONEXION:** Interrupción del funcionamiento de un aparato o un sistema mecánico o eléctrico al cortar el contacto con una fuente de energía.

**ELECTROMAGNETICO:** describe la interacción de partículas cargadas con campos eléctricos y magnéticos.

**ENERGIA RENOBABLE:** Se obtiene a partir de fuentes naturales virtualmente inagotables, ya sea por la inmensa cantidad de energía que contienen, o porque son capaces de regenerarse por medios naturales.

**ENTRADA BINARIA:** es configurable como pulsador o interruptor/sensor. Adicionalmente, los dispositivos BIN permiten conectar generadores de pulsos y por.

**EQUIPOS DE PROTECCION PERSONAL:** son la última alternativa de protección de las personas ante los riesgos presentes en las diferentes tareas y áreas de trabajo.

**GESTION DE PROYECTOS:** es un conjunto de metodologías para planificar y dirigir los procesos de un proyecto. Un proyecto comprende un cúmulo específico de operaciones diseñadas para lograr un objetivo con un alcance, recursos, inicio y final establecidos.

**INSTALACIONES ELECTRICAS:** es el conjunto de circuitos eléctricos que tiene como objetivo dotar de energía eléctrica a edificios, instalaciones, lugares públicos, infraestructuras, etc.

**INSTALACIONES ESPECIALES:** Incluye instalaciones en locales peligrosos, húmedos y mojados, centrales generadoras en baja tensión, cercas para ganado, instalaciones en quirófanos, en fuentes y piscinas.

**INTERFAZ:** se utiliza en informática para nombrar a la conexión funcional entre dos sistemas, programas, dispositivos o componentes.

**INTERPOLARIDAD:** es la capacidad de los sistemas de información y de los procedimientos a los que éstos dan soporte, de compartir datos y posibilitar el intercambio de información y conocimiento entre ellos.

**INTERRUPTORES TERMOMAGNETICOS:** es un dispositivo que corta la corriente eléctrica de un circuito automáticamente.

**PERTURBACIONES ELECTROMAGNETICAS:** puede ser un ruido electromagnético, una señal no deseada o una modificación del propio medio de propagación.

**PUESTA A TIERRA:** es la conexión de las superficies conductoras expuestas a algún punto no energizado; comúnmente es la tierra sobre la que se posa la construcción.

**NORMATIVA ELECTRICA:** es la norma que rige las instalaciones eléctricas en el país, tanto las instalaciones eléctricas residenciales como industriales.

**RED ELECTRICA:** es una red interconectada que tiene el propósito de suministrar electricidad desde los proveedores hasta los consumidores.

**REGULADOR DE CARGA:** son equipos que controlan el voltaje y la corriente de un panel solar o generador eólico, entregados al parque de baterías.

**RUIDO:** es un sonido inarticulado o confuso que suele causar una sensación auditiva desagradable.

**SALIDA BINARIA:** Es utilizado para controlar los dispositivos de salida de baja alimentación por medio de la conexión RS-485

**SOBRECARGA:** es el exceso de energía en una corriente eléctrica a través de un circuito eléctrico

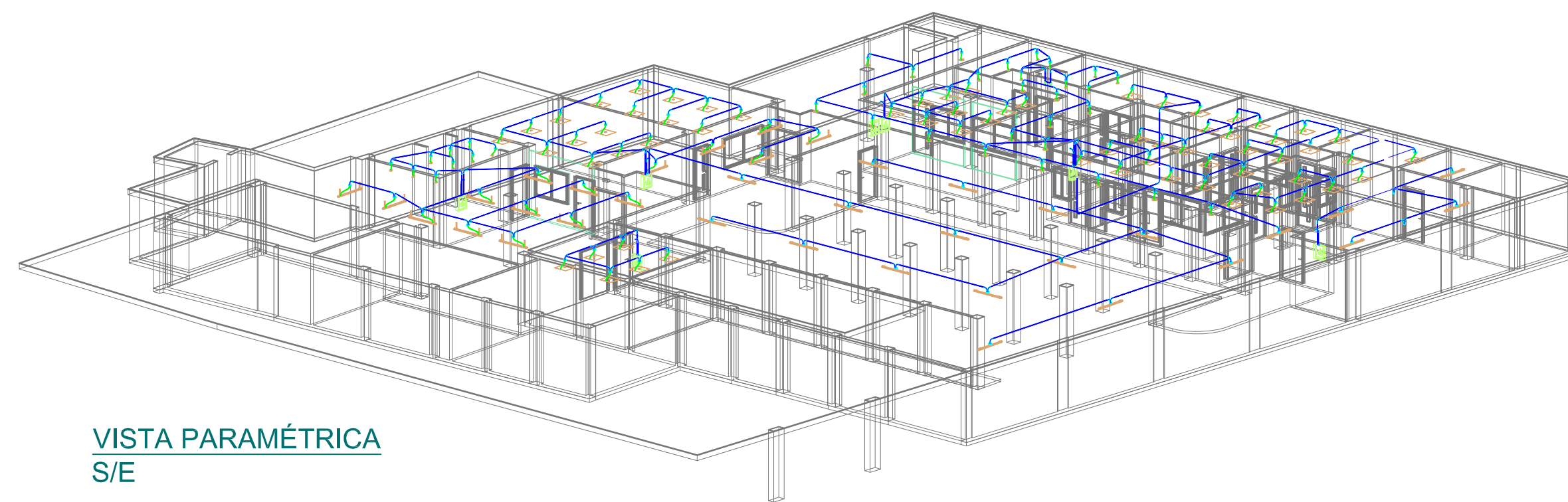
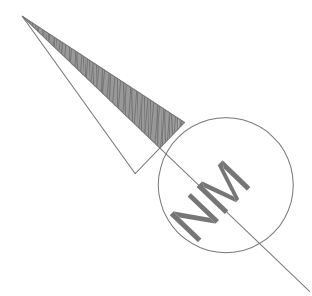
**SUB SISTEMA DE CARGA:** tiene la función de recargar la batería, así como proveer de corriente a los sistemas que consumen energía eléctrica,

**TABLEROS:** son los encargados de proteger los componentes de mando y de control de cualquier sistema eléctrico

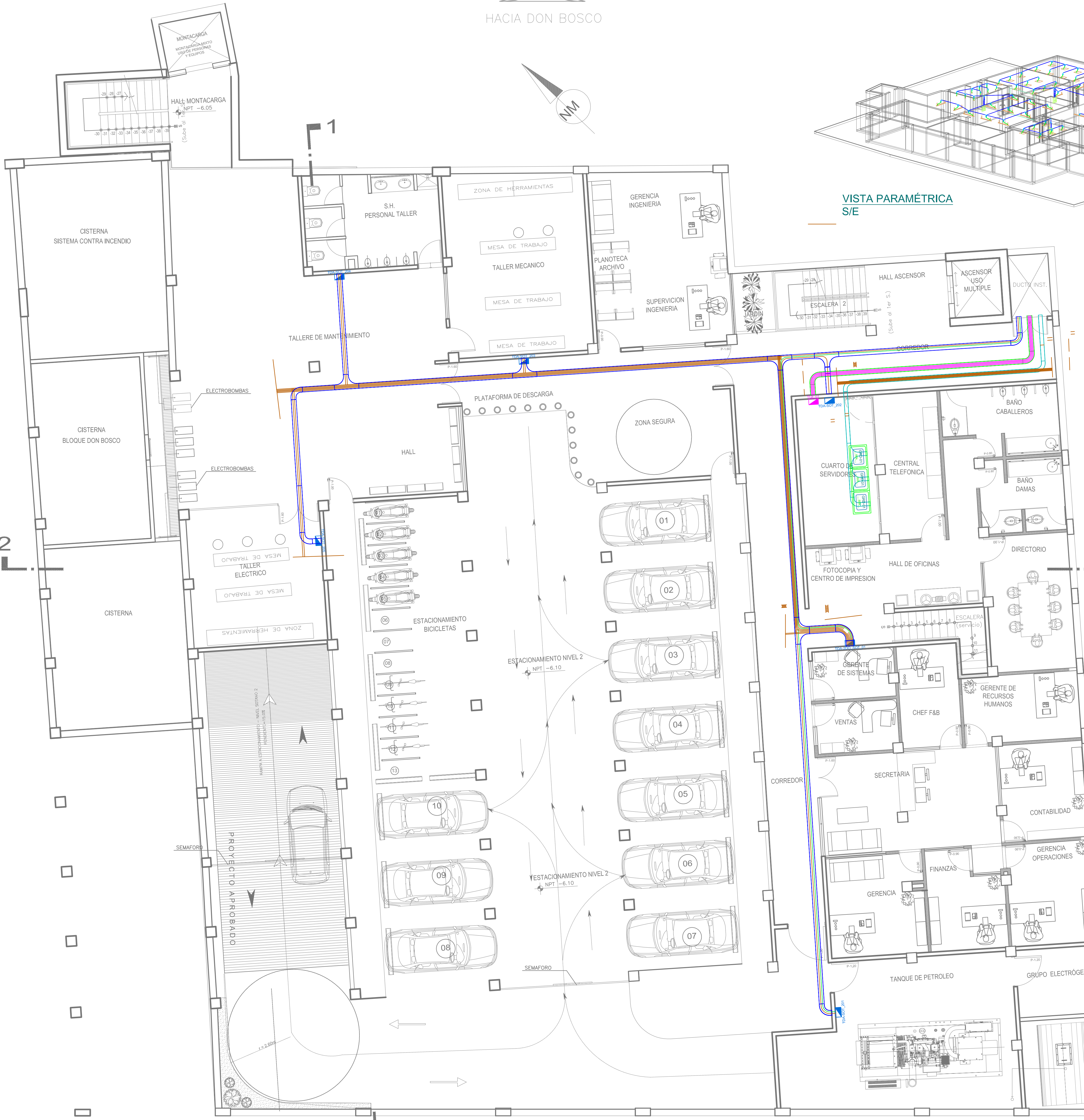
**TIRISTORES:** es una familia de componentes electrónicos constituido por elementos semiconductores que utiliza realimentación interna para producir una conmutación.



HACIA DON BOSCO



VISTA PARAMÉTRICA S/E



**LEYENDA INSTALACIONES ELÉCTRICAS**

| EQUIPO | DESCRIPCIÓN  | ALTURA DE MONTAJE S.NPT | SALIDA TIPO DE CAJA P"O" (mm.) |
|--------|--|-------------------------|--------------------------------|
|        | TABLERO GENERAL AUTOMATIZADO                                 | 1.80m B.S               |                                |
|        | TABLERO DE DISTRIBUCIÓN AUTOMATIZADO                         | 1.80m B.S               |                                |
|        | SALIDA PARA ARTEFACTO TIPO SPOT LED EMPOTRABLE DE 6.5W       | TECHO                   | 100 X 55 OCTOGONAL             |
|        | SALIDA PARA ARTEFACTO TIPO SPOT LIGHT EMPOTRABLE DE 20W      | TECHO                   | 100 X 55 OCTOGONAL             |
|        | SALIDA PARA ARTEFACTO TIPO FLUORESCENTE HERMÉTICO LED DE 49W | TECHO                   | 100 X 55 OCTOGONAL             |
|        | SALIDA PARA ARTEFACTO TIPO CINTA LED MONOCROMÁTICA           | VER PLANO               | 100 X 55 X 40 RECTANGULAR      |
|        | SALIDA PARA ARTEFACTO TIPO PANEL LED EMPOTRABLE DE 36W       | TECHO                   | 100X55 OCTOGONAL               |



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO



ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA ELÉCTRICA

"DISEÑO DE LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS, ESPECIALES APLICANDO TECNOLOGÍA BIM, AUTOMATIZACIÓN Y AUTOGENERACIÓN HÍBRIDA, DE UN HOTEL 5 ESTRELLAS"

PROVINCIA: CUSCO REGION: CUSCO

LOCALIDAD: CALLE SAPHI N° 674 DISTRICTO: CUSCO

CODIGO QR AUTODESK VIEWER:

CODIGO QR AUI6N:

TESIS:

TESISTAS:  
BACH. ALBERTH NOA MAYTA  
BACH. OMAR VERGARA OVALLE

ASESOR:  
ING. NICOLAS RONALD DUEÑAS  
PONCE DE LEON

PLANO:  
CIRCUITOS ALIMENTADORES  
2DO SOTANO - SAPHI

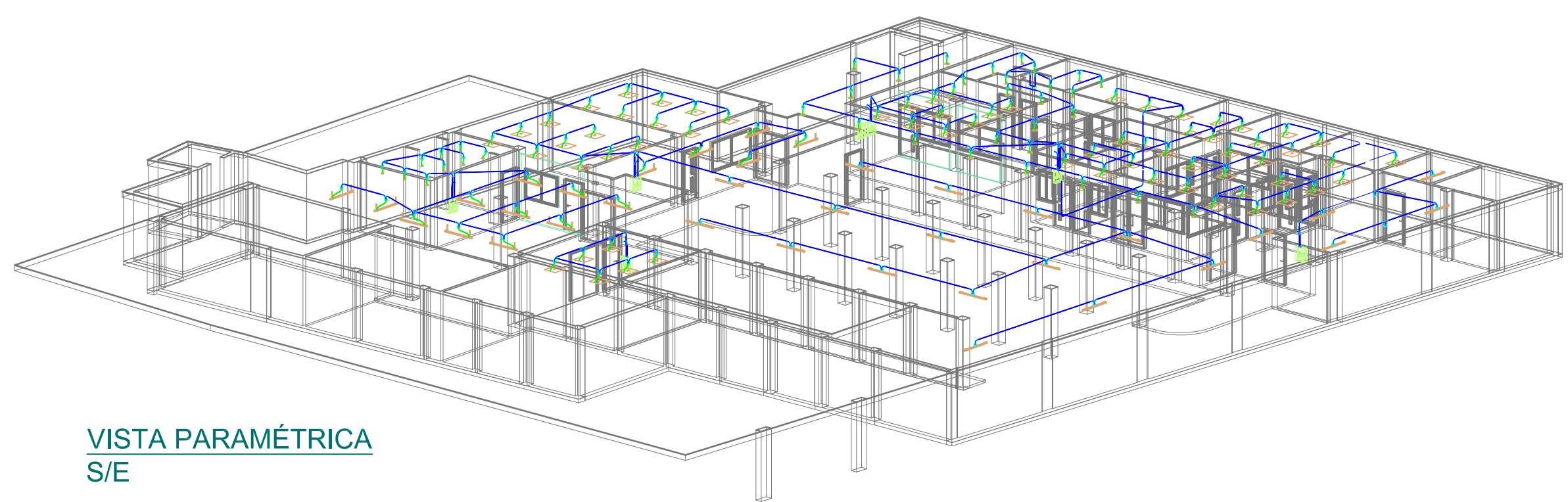
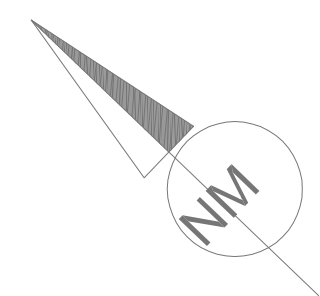
FECHA: ENERO 2021 DIBUJO: A.N.M

ESCALA: 1/75 REVISION: ING. RONALD DUEÑAS

LAMINA: **IE-01**



HACIA DON BOSCO



VISTA PARAMÉTRICA S/E



LEYENDA INSTALACIONES ELÉCTRICAS

| EQUIPO | DESCRIPCIÓN  | ALTURA DE MONTAJE S.NPT | SALIDA TIPO DE CAJA P"O" (mm.) |
|--------|--|-------------------------|--------------------------------|
|        | TABLERO GENERAL AUTOMATIZADO                                 | 1.80m B.S               |                                |
|        | TABLERO DE DISTRIBUCIÓN AUTOMATIZADO                         | 1.80m B.S               |                                |
|        | SALIDA PARA ARTEFACTO TIPO SPOT LED EMPOTRABLE DE 6.5W       | TECHO                   | 100 X 55 OCTOGONAL             |
|        | SALIDA PARA ARTEFACTO TIPO SPOT LIGHT EMPOTRABLE DE 20W      | TECHO                   | 100 X 55 OCTOGONAL             |
|        | SALIDA PARA ARTEFACTO TIPO FLUORESCENTE HERMÉTICO LED DE 45W | TECHO                   | 100 X 55 OCTOGONAL             |
|        | SALIDA PARA ARTEFACTO TIPO CINTA LED MONOCROMÁTICA           | VER PLANO               | 100 X 55 X 40 RECTANGULAR      |
|        | SALIDA PARA ARTEFACTO TIPO PANEL LED EMPOTRABLE DE 36W       | TECHO                   | 100X55 OCTOGONAL               |



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABADEL CUSCO



ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA ELÉCTRICA

TESIS: "DISEÑO DE LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS, ESPECIALES APLICANDO TECNOLOGÍA BIM, AUTOMATIZACIÓN Y AUTOGENERACIÓN HÍBRIDA, DE UN HOTEL 5 ESTRELLAS"

PROVINCIA: CUSCO  
REGION: CUSCO

LOCALIDAD: CALLE SAPHI N° 674  
DISTRITO: CUSCO



CODIGO QR AUI6N

TESISTAS:  
BACH. ALBERTH NOA MAYTA  
BACH. OMAR VERGARA OVALLE

ASESOR:  
ING. NICOLAS RONALD DUEÑAS PONCE DE LEON

PLANO:  
CIRCUITOS DE ALUMBRADO 2DO SOTANO - SAPHI

FECHA: ENERO 2021  
DIBUJO: A.N.M

ESCALA: 1/75  
REVISION: ING. RONALD DUEÑAS

LAMINA: IE-02





LEYENDA



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO



ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA ELECTRICA

TESIS: "DISEÑO DE LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS, ESPECIALES APLICANDO TECNOLOGÍA BIM, AUTOMATIZACIÓN Y AUTOGENERACIÓN HÍBRIDA, DE UN HOTEL 5 ESTRELLAS"

CUSCO

PROVINCIA: CUSCO

LOCALIDAD: CALLE SAPHI N° 674

DISTRITO: CUSCO



TESISTAS:  
BACH. ALBERTH NOA MAYTA  
BACH. OMAR VERGARA OVALLE

ASESOR:  
ING. NICOLAS RONALD DUEÑAS  
PONCE DE LEON

PLANO:  
CIRCUITOS DE TOMACORRIENTES  
2DO SOTANO - SAPHI

FECHA: ENERO 2020 DIBUJO: A.N.M.

ESCALA: 1/75 REVISION: ING. RONALD DUEÑAS

LAMINA: IE-03





TESIS: "DISEÑO DE LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS, ESPECIALES APLICANDO TECNOLOGÍA BIM, AUTOMATIZACIÓN Y AUTOGENERACIÓN HÍBRIDA, DE UN HOTEL 5 ESTRELLAS"

PROVINCIA: CUSCO  
REGIÓN: CUSCO

LOCALIDAD: CALLE SAPHI N° 674  
DISTRITO: CUSCO

CODIGO QR:

TESISTAS:  
BACH. ALBERTH NOA MAYTA  
BACH. OMAR VERGARA OVALLE

ASESOR:  
ING. NICOLAS RONALD DUEÑAS  
PONCE DE LEON

PLANO:  
CIRCUITOS DE DUEZA  
2DO SOTANO - SAPHI

FECHA: ENERO 2020  
DIBUJO: A.N.M.

ESCALA: 1/75  
REVISION: ING. RONALD DUEÑAS

LAMINA: **IE-04**

LEYENDA





TESIS: "DISEÑO DE LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS, ESPECIALES APLICANDO TECNOLOGÍA BIM, AUTOMATIZACIÓN Y AUTOGENERACIÓN HÍBRIDA, DE UN HOTEL 5 ESTRELLAS"

|            |                    |
|------------|--------------------|
| LOCALIDAD: | CALLE SAPHI N° 674 |
| PROVINCIA: | CUSCO              |
| DISTRITO:  | CUSCO              |
| REGIÓN:    | CUSCO              |



TESISTAS:  
BACH. ALBERTH NOA MAYTA  
BACH. OMAR VERGARA OVALLE

ASESOR:  
ING. NICOLAS RONALD DUEÑAS PONCE DE LEÓN

PLANO:  
CIRCUITOS DE DATA, TELEFONIA Y CCTV 2DO SOTANO - SAPHI

FECHA: ENERO 2020      DIBUJO: A.N.M.  
ESCALA: 1/75      REVISIÓN: ING. RONALD DUEÑAS

LAMINA:  
**IES-01**





UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO



ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA ELÉCTRICA

TESIS: "DISEÑO DE LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS, ESPECIALES APLICANDO TECNOLOGÍA BIM, AUTOMATIZACIÓN Y AUTOGENERACIÓN HÍBRIDA, DE UN HOTEL 5 ESTRELLAS"

PROVINCIA: CUSCO  
REGIÓN: CUSCO

LOCALIDAD: CALLE SAPHI N° 674  
DISTRITO: CUSCO



TESISTAS:  
BACH. ALBERTH NOA MAYTA  
BACH. OMAR VERGARA OVALLE

ASESOR:  
ING. NICOLAS RONALD DUEÑAS PONCE DE LEON

PLANO:  
CIRCUITOS DE DATA, TELEFONIA Y CCTV 2DO SOTANO - SAPHI

FECHA: ENERO 2020  
DIBUJO: A.N.M

ESCALA: 1/75  
REVISION: ING. RONALD DUEÑAS

LAMINA: **IES-01**



LEYENDA

MUROS DE DRYWALL

HACIA LA CALLE SAPHI