



FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de Ingeniería Civil

“BIM 5D PARA PERFORMANCE ESTRUCTURAL CON
SISTEMA DE AISLAMIENTO DE LA BASE EN UN
EDIFICIO DE 8 PISOS, TRUJILLO 2021”

Tesis para optar el título profesional de:

Ingeniero Civil

Autores:

Breitner Guillermo Diaz Rodriguez

Anthony Leoneld Narro Mendez

Asesor:

Ms.Ing. Gonzalo Hugo Díaz García

Trujillo - Perú

2021

DEDICATORIA

*A Dios, por ser siempre mi fortaleza para poder cumplir
las diferentes metas y sueños en la vida personal y familiar*

*A mis adorados y amores padres, Mena Felicita
Rodríguez Rebaza y Guillermo Nolberto Díaz Urtecho,
motores incondicionales en mi vida y soporte emocional
eterno.*

*A mi hermana por siempre ser ese apoyo espiritual en
cada paso para el bienestar familiar y confiar siempre en
mí.*

*A cada una(o) de aquellas
personas que siempre confiaron en mi a pesar de las
diferentes adversidades en el camino de la vida.*

Breitner Guillermo Díaz Rodríguez

Autor

DEDICATORIA

*A Dios, por ser mi guía y fortaleza para cumplir con mis
sueños.*

*A mis padres José Manuel Narro Aguirre y Milen Amparo
Méndez Argomedo, por haberme forjado como la persona
que soy en la actualidad; muchos de mis logros se los
debo a ustedes entre los que se incluye este, me motivaron
constantemente para alcanzar mis anhelos.*

*A mi más grande amor, la reina de mi vida, mi pequeña
Luciana Abigail, por ella lucho constantemente y es mi
gran motivo para hacer las cosas correctas.*

*A mis hermanos por siempre alentarme en cada proceso y
confiar siempre en mí.*

*A una de las personas maravillosas que Dios lo tiene en su
gloria y ahora es un ángel en mi vida, mi abuelita Eufemia
Baca Castillo, sé que se encuentra muy orgullosa de su
nieto y desde donde está, me bendice.*

Anthony Leoneld Narro Méndez

Autor

AGRADECIMIENTO

*A nuestra Alma Mater UPN, Universidad
Privada del Norte y autoridades por su
enseñanza educativa*

*A nuestro asesor Ms. Ing. Hugo Díaz
García, por su grandioso apoyo, asesoría y
exigencia profesional, despertando en
nosotros el espíritu de superación y poder
presentar la investigación respectiva.*

Atentamente

Los Autores

TABLA DE CONTENIDOS

DEDICATORIA	2
DEDICATORIA	3
AGRADECIMIENTO	4
RESUMEN	16
ABSTRACT.....	17
ÍNDICE DE TABLAS	10
ÍNDICE DE FIGURAS	13
ÍNDICE DE ECUACIONES.....	15
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN	18
1.1. Realidad problemática	18
1.2. Antecedentes.....	21
1.3. Formulación del Problema	30
1.3.1. Problema General	30
1.3.2. Problema Específico.....	30
1.4. Objetivo.....	30

1.4.1. Objetivo general.....	30
1.4.2. Objetivo específicos	30
1.5. Hipótesis	31
1.5.1. Hipótesis general.....	31
1.6. Bases teóricas.....	31
1.6.1. Filosofía del Diseño Sismorresistente	31
1.7. Sistema de Control Estructural	32
1.8. Filosofía Aislamiento de Base Sísmico.....	33
1.9. Elementos complementarios al Sistema de Control Estructural.....	39
1.10. Estructuración del Edificio.....	40
1.11. Aislamiento Sísmico	41
1.11.1.Fundamentos	41
1.11.2.Amortiguamiento En Los Sistemas Aislados.	44
1.12. Sistema de Aislación de la Base.....	46
1.13. Consideraciones generales de los efectos sísmicos en las estructuras	47
1.13.1.Fuerza de inercia.....	47

1.13.2.Período	48
1.13.3.Amortiguamiento	49
1.13.4.Ductilidad	49
1.13.5.Modelo dinámico para edificios con aisladores sísmicos.	49
1.14. Metodología BIM	54
1.14.1.Dimensiones de BIM	56
CAPÍTULO II. METODOLOGÍA.....	63
CAPÍTULO III. RESULTADOS	66
3. Análisis sísmico de edificación por sistema convencional	66
3.1. Metrado de cargas.....	66
3.2. Parámetros sísmicos y espectro de diseño	67
3.3. Cortante basal sísmica y verificación.....	74
3.4. Análisis de Irregularidades en Altura	78
3.4.1. Irregularidad de Rigidez – Piso blando	78
3.4.2. Irregularidad Extrema de Rigidez.....	79
3.4.3. Irregularidad de Masa o Peso	80
3.4.4. Irregularidad Geométrica vertical	81
3.5. Análisis De Irregularidades En Planta.....	82

3.6.	Irregularidad de torsional y torsional extrema en dirección X-X	82
3.7.	Irregularidad de torsional y torsional extrema en dirección Y-Y	84
3.8.	Desplazamientos y distorsiones	86
4.	Diseño De Aislador Elastomeric Con Núcleo De Plomo (LRB)	89
4.1.	Metrado de cargas	90
4.2.	Parámetros Sísmicos De Diseño	90
4.3.	Establecimiento De Datos Objetivos.....	91
4.4.	Determinación De Desplazamiento Máximo “Dm”	92
4.5.	Determinación de desplazamiento máximo total “dmt”.....	92
4.6.	Determinación de Carga Axial Ultima	94
4.7.	Determinación del Diámetro del Aislador	95
4.8.	Determinación Del Fuerza De Fluencia Del Núcleo De Plomo	96
4.9.	Determinación del diámetro de núcleo de plomo	98
4.10.	Determinación de la altura del aislador sin planchas	98
4.11.	Cálculo de K_D O K_2	99
4.12.	Cálculo de K_{eff}	99
4.13.	Cálculo de β_{eff}	100
4.14.	Cálculo de rigidez vertical (K_v)	101
4.15.	Cálculo de rigidez elástica (K_e).....	102
5.	Análisis sísmico de edificación con aisladores de núcleo de plomo (LRB)	125

CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES.....	128
REFERENCIAS.....	132
ANEXOS	135

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.- Detalles Estructurales.	66
Tabla 2.- Cargas muertas y vivas de uso referencia Norma E.020 cargas.	67
Tabla 3.- Zona Sísmica- Norma E.030.....	68
Tabla 4.- Categoría de Edificaciones -Norma E.030	69
Tabla 5.- Ubicación promedio - Norma E.030	70
Tabla 6.- Perfiles de Suelos- Norma E.030	70
Tabla 7.- Perfiles de Suelos- Norma E.030	71
Tabla 8.- Sistemas Estructurales- Norma E.030.....	72
Tabla 9.- Parámetros Sísmicos- Norma E.030	73
Tabla 10.- Espectro de aceleraciones- Norma E.030	74
Tabla 11.- Parámetros Valor - Norma E.030	75
Tabla 12.- Centro de Masa - Norma E.030	75
Tabla 13.- Muro Estructural - Norma E.030	76
Tabla 14.- Periodos - Norma E.030	76
Tabla 15.- Fuerza Cortante Basal - Norma E.030	77
Tabla 16.- Cortante Piso 1 - Norma E.030	77
Tabla 17.- Fuerza Cortante X - Norma E.030.....	78
Tabla 18.- Fuerza Cortante Y - Norma E.030.....	78
Tabla 19.- Irregularidad por Rigidez XX - Norma E.030.....	79
Tabla 20.- Irregularidad por Rigidez YY - Norma E.030.....	79
Tabla 21.- Irregularidad Extrema por Rigidez XX - Norma E.030.....	80
Tabla 22.- Irregularidad Extrema por Rigidez YY - Norma E.030.....	80

Tabla 23.- Irregularidad de Masa X -Y - Norma E.030	81
Tabla 24.- Irregularidad Geométrica Vertical X -Y - Norma E.030	81
Tabla 25.- Verificación Dirección X -X - Norma E.030	83
Tabla 26.- Verificación Dirección Y -Y - Norma E.030	83
Tabla 27.- Irregularidad Torsional - Norma E.030	84
Tabla 28.- Verificación Irregularidad Torsional Y -Y - Norma E.030	85
Tabla 29.- TaVerificación Irregularidad Torsional Extremo - Norma E.030	85
Tabla 30.- Verificación Irregularidad Torsional Extrema - Norma E.030	86
Tabla 31.- Distorsión del entrepiso - Norma E.030	87
Tabla 32.- Distorsión del entrepiso XX - Norma E.030	87
Tabla 33.- Distorsión del entrepiso YY - Norma E.030	88
Tabla 34.- Distorsión del Maxima XX - Norma E.030	88
Tabla 35.- Distorsión del entrepiso YY - Norma E.030	89
Tabla 36.- Metrado de Cargas Aislador - Norma E.031	90
Tabla 37.- Parámetros Aislador - Norma E.031	91
Tabla 38.- Datos Aislador - Norma E.031	92
Tabla 39.- Desplazamiento máximo - Norma E.031	92
Tabla 40.- Desplazamiento Máximo Total Aislador - Norma E.031	93
Tabla 41.- Carga Axial Ultima Aislador - Norma E.031	95
Tabla 42.- Diámetro Aislador - Norma E.031	95
Tabla 43.- Dynamic Isolation Systems (Dis)	96
Tabla 44.- Valores ETABSV19 - Norma E.031	97
Tabla 45.- Fuerza de Fluencia Aislador - Norma E.031	97

Tabla 46.- Diámetro Núcleo de Plomo - Norma E.031	98
Tabla 47.- Altura del aislador sin planchas - Norma E.031.....	99
Tabla 48.- Rigidez Inelástica - Norma E.031.....	99
Tabla 49.- Rigidez Lateral efectiva - Norma E.031	100
Tabla 50.- Amortiguamiento Efectivo - Norma E.031	100
Tabla 51.- Rigidez vertical - Norma E.031	101
Tabla 52.- Rigidez elástica - Norma E.031	102
Tabla 53.- Detalles de Aislador de Núcleo de Plomo - Norma E.031	103
Tabla 54.- Verificación dirección XX con Aislador - Norma E.031.....	106
Tabla 55.- Verificación dirección YY con Aislador - Norma E.031.....	106
Tabla 56.- Derivas en dirección XX con Aislador - Norma E.031	107
Tabla 57.- Derivas en dirección YY con Aislador - Norma E.031	107
Tabla 58.- Desplazamiento máximos XY - Norma E030-.031	108
Tabla 59.- Distorsión máximos XY - Norma E030-.031.....	108
Tabla 60. - Estimación Presupuesto detallada Edificación Convencional	116
Tabla 61.- Estimación Presupuesto detallada Edificio Aislada.....	119
Tabla 62.- Estimación Presupuesto General sin Aislador	120
Tabla 63.- Estimación Presupuesto General con Aislador	121

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.-Diferencias entre el desempeño de estructuras sin aislamiento versus estructuras aisladas.	19
Figura 2.-Clasificación de los sistemas de control estructural	32
Figura 3.-Aislador de goma-plomo	34
Figura 4.- Respuesta sísmica de edificios aislados	35
Figura 5.- Diagrama Histérico: “Esfuerzo – Desplazamiento”	36
Figura 6.- Resultados Aislación Sísmica.....	36
Figura 7.- Aislador Elastomérico de Caucho de Bajo Amortiguamiento (LDR)....	37
Figura 8.- Aislador Elastomérico de Caucho con núcleo de plomo (LRB)	37
Figura 9.- Aislador Elastomérico de Caucho de Alto Amortiguamiento (HDR)....	38
Figura 10.- Aislador de Péndulo de Fricción	38
Figura 11.- Diagrama Tensión vs Deformación del Hormigón	42
Figura 12.- Curva de Capacidad (análisis no lineal de la estructura)	43
Figura 13.- Sistema de piso blando (planta baja flexible) con deformaciones controladas.	44
Figura 14.- Reducción del cortante debido al incremento del período.....	45
Figura 15.- Disminución de los desplazamientos por al incremento de amortiguamiento.....	45
Figura 16.- Edificio con aislación de la base. (a) Esquema. (b) Modelo dinámico .	46
Figura 17.- Diagrama edificio aislado en la base y del modelo dinámico de la estructura.	50
Figura 18.- Modelo dinámico lineal de los aisladores de la base del edificio.	52

Figura 19.- Ciclo de vida del Modelo BIM de un proyecto.....	55
Figura 20.- Creando Tablas de Cuantificación en REVIT.	110
Figura 21.- Agregando Parámetros a la Tabla de Cuantificación en REVIT.	111
Figura 22.- Tabla de Cuantificación para Presupuesto generado en REVIT.....	111
Figura 23.- Usando la ADD IN: Qex en REVIT.....	112
Figura 24.- Pasando toda la data a Qex en REVIT.....	112
Figura 25.- Generando cuantificaciones generales en Qex dándonos para la edificación sin aislador un costo directo de S/. 1,543,081.33.....	113
Figura 26.- Generando cuantificaciones generales en Qex dándonos para la edificación con aislador un costo directo de S/. 1,758,504.16.....	113
Figura 27.- Exportando a Excel las cuantificaciones generales de Qex.....	114

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1.- Ecuación de equilibrio de desplazamiento en la base.	47
Ecuación 2.- Periodo de la estructura.....	48
Ecuación 3.- Relación de periodos.	48
Ecuación 4.- Ecuación de ductilidad.....	49
Ecuación 5.- Ecuación de movimiento del edificio.....	51
Ecuación 6.- Pre multiplicado de ecuación 5.....	51
Ecuación 7.- Ecuación de movimiento del edificio con aislamiento.....	51
Ecuación 8.- Fuerza de amortiguamiento y rigidez de la base aislada.	52
Ecuación 9.- Ecuación de un movimiento debido a una aceleración horizontal lineal.	53

RESUMEN

La presente investigación realizada es sobre la disminución de la demanda sísmica para las estructuras, cuando se emplean aisladores de base elastoméricos, estableciendo una comparación entre estructuras convencionales con base fija y estructura aislada en su base. Para este caso de estudio perteneciente a la Industria de la Construcción se tiene diferentes tipos de aisladores de base entre ellos las gomas de alto amortiguamiento, las gomas de bajo amortiguamiento con núcleo de plomo y el sistema de péndulo de ficción, lo cual se utilizó el de Núcleo de Plomo dado que se define las propiedades del aislador empleando el modelo bilineal, el modelado y los análisis correspondientes que se desarrollan empleando el ETABS. Los resultados del presente documento miden la reducción de la demanda sísmica (desplazamientos y aceleraciones) y evidencian su Performance Estructural adecuado, lo cual es de importancia en emplear técnicas de control estructural para lograr un nivel de desempeño superior garantizando la seguridad a la vida y la integridad de la estructura y sus contenidos para sismos con intensidades altas. Se puede también mencionar que en edificaciones importantes en diferentes partes del país a largo plazo se podrá obtener un beneficio y prevención no solo estructural; sino también una estimación de costos para una rentabilidad y/o evaluación económica viable, así como utilizando y aplicando en forma innovadora con BIM 5D.

Palabras clave: Aislador, Aislamiento, Aceleración, Desplazamiento, Performance, BIM

ABSTRACT

The present investigation carried out is on the reduction of the seismic demand for the structures, when elastomeric base insulators are used, establishing a comparison between conventional structures with a fixed base and an isolated structure at its base. For this case study belonging to the Construction Industry, there are different types of base insulators, including high damping rubbers, low damping rubbers with lead core and the fictional pendulum system, which was used of Lead Core since the properties of the insulator are defined using the bilinear model, the modeling and the corresponding analyzes that are developed using the ETABS The results of this document measure the reduction of the seismic demand (displacements and accelerations) and show its Performance Adequate structural, which is important in employing structural control techniques to achieve a higher level of performance, guaranteeing life safety and the integrity of the structure and its contents for earthquakes with high intensity. It can also be mentioned that in important buildings in different parts of the country in the long term it will be possible to obtain a benefit and prevention not only structural; but also a cost estimate for a profitability and / or viable economic evaluation as well as using and applying in an innovative way with BIM 5D

Keywords: Isolator, Isolation, Acceleration, Displacement, Performance, BIM

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

1.1. Realidad problemática

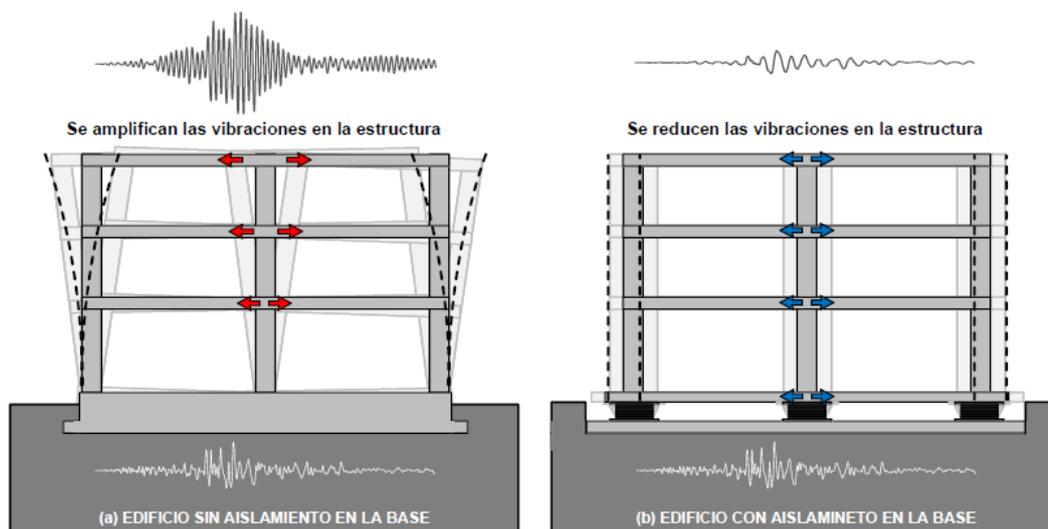
Nuestro país se encuentra localizado según el IGP (Instituto Geofísico del Perú) en una zona altamente sísmica, dado que nuestro país forma parte del cinturón de fuego del pacífico, la mayor parte problemática de que ocurran los sismos. Hoy en día nos encontramos frente a una incertidumbre por el silencio sísmico nacional e internacional, teniendo prevención ante algún evento telúrico que pueda darse.

Hoy en día se aprecia que la ingeniería tiene un papel vital y de mucha importancia ya que tiene como principio fundamental evitar pérdidas humanas como también los daños que puedan sufrir la estructura que conforma la edificación tal como lo menciona la norma de E-030 de nuestro reglamento nacional. Sin embargo, muchas edificaciones de diferente categoría esencial no se encuentran aptas de manera estructural para resistir un evento sísmico que pueda presentarse en cualquier momento.

Muchas veces estas personas lucran con su propia vida, ya que no solo ponen en riesgo su salud sino también la de sus familiares prolongándolas a un tiempo determinado.

Durante las últimas décadas el concepto de aislamiento sísmico ha iniciado a ser considerado como una solución necesaria de diseño sismorresistente en estructuras, especialmente en los casos en que se busca mejorar el desempeño sísmico para las estructuras y su contenido. Los excelentes comportamientos que las estructuras aisladas han tenido durante sismos severos (Northridge 1994, Kobe 1995

y Japón 2011), muestran las ventajas de los sistemas de aislamiento sísmico, ya que estas alternativas aumentan considerablemente el nivel de seguridad.



(A)Edificio sin aislamiento en la Base (B)Edificio con aislamiento en la base

Figura 1.-Diferencias entre el desempeño de estructuras sin aislamiento versus estructuras aisladas.

Fuente: (Beer, 2015)

Los eventos sísmicos afectan a las estructuras sometiéndolas a grandes fuerzas externas que las hace incursionar en el rango inelástico, es aquí donde los elementos estructurales sufren deformaciones importantes y fallan, llegando en muchos casos al colapso de la estructura, significando pérdidas irreparables de vidas humanas y significativas con pérdidas e impactos negativos económicamente. Para evitar que las estructuras colapsen debido a fuertes sollicitaciones externas, como los sismos severos, vientos, etc. Surgen sistemas modernos de protección sísmica y entre los importantes existen los de aislamiento de base, amortiguadores y disipadores fluidos viscosos, dado que son diferentes energías que aumenta el amortiguamiento de la estructura y optimiza el comportamiento estructural global. Los sistemas de

protección sísmica se vienen usando desde hace cincuenta años aproximadamente en diversas aplicaciones en la industria militar y pesada.

El sismo en Perú el de mayor capacidad que se suscitó en la ciudad de Pisco en el 2007 con una magnitud de 8.0 grados la que dejó más de 76000 viviendas totalmente destruidas. Esto indica que el uso de sistemas tradicionales de construcción (aporticado, dual o mixto, etc.) aun conllevan el riesgo de sufrir los daños durante un sismo, sin embargo, existe nuevas técnicas de construcción que evitan que estos movimientos afecten a los elementos estructurales, ya que estas absorben y disipan la energía mediante diferentes elementos diseñados especialmente para ello con aislamiento de base. Para poder ver el performance entramos al rango no lineal y diseño por desempeño en su evaluación estructural, detallando el análisis tiempo historia con comportamiento no lineal y principales combinaciones para obtener su respuesta máxima así mismo para una adecuada Rentabilidad Económica por BIM5D correspondiente a la Metodología BIM y Política de Inversiones, se ha planteado el desarrollo del siguiente tema de investigación: “ BIM5D PARA PERFORMANCE ESTRUCTURAL CON SISTEMA DE AISLAMIENTO DE LA BASE EN UN EDIFICIO DE 8 PISOS, TRUJILLO-2021”. En Perú el diseño sísmico está especificado en el Reglamento Nacional de Edificaciones Norma E-030, sin embargo, su implementación fue fruto de diversos acontecimientos a nivel mundial, principalmente la inserción del diseño por rotura en el Instituto Americano del Concreto (ACI) en 1963. Posteriormente en 1964 se tuvo el primer proyecto de norma peruana basada en estudios de la Asociación de Ingenieros Estructurales de California (SEAOC), y es así que en 1970 se registra la primera norma de diseño

sismorresistente en nuestro país, años después y tras ciertas modificaciones paso a tener una segunda versión en 1977 y finalmente una tercera en 1997 la cual fue actualizada en el año 2003 ajustándose a las medidas adoptadas por la UBC (Uniform Building Code), en esta última norma se toman en cuenta nuevas concepciones aplicadas tanto en Japón como en Nueva Zelanda. (Cordova Rojas, 2012). En la actualidad se cuenta con la norma de diseño sismorresistente E030 aprobada en el año 2006, con sus modificaciones y anexos implementados hasta el año 2014. Asimismo, debemos informar que actualmente se viene desarrollando una nueva norma de diseño sismorresistente. El aislamiento sísmico es un sistema de protección pasivo utilizado en las edificaciones y en los puentes. Su aplicación se inició en la década de 1960, ubicándose en California(USA) el primer edificio aislado (Naeim y Kelly, 1999). El aislamiento sísmico consiste en desacoplar la superestructura de la subestructura promedio de un sistema de aislamiento, la cual está conformada por los aisladores y los elementos del nivel de base: vigas, losas, capiteles y sus conexiones. Los aisladores son elementos estructurales que tienen gran rigidez vertical y poseen gran flexibilidad horizontal, por medio de los cuales se obtiene intencionalmente grandes deformaciones horizontales ante las sollicitaciones sísmicas (Korswagen, 2012)

1.2. Antecedentes

Después de realizar todas las investigaciones, se procedió a tener como referencia proyectos que se encuentren vinculados con el tema de investigación, en el ámbito nacional, regional y local. Estos factiblemente coinciden con las variables

de estudio, y muestran parámetros estructurales sísmorresistente de viviendas que servirán para el presente proyecto.

a. Internacionales

Según **Arriagada** (2005), en su tesis titulada “Aislación Sísmica de un Edificio de Oficinas de Siete Pisos. (Análisis Comparativo de Comportamiento y Costos con un Edificio Tradicional).” tesis para obtener el grado de Maestro en Ingeniería en Obras Civiles en la Universidad Austral de Chile detalla que en cuanto al diseño del edificio Vanguardia aislado se utilizó la nueva filosofía de la NCh 2745 con el espectro que ésta entrega destinado específicamente para estructuras aisladas y con el código ACI 318-02. Se cumplió con todas las disposiciones que establece la norma, las fuerzas laterales mínimas tanto para el nivel que se encuentra por debajo de la aislación como para los niveles superiores, los desplazamientos relativos de entrepiso son relativamente pequeños en comparación a los máximos establecidos.

García (2017), en su tesis titulada “Análisis Comparativo del Comportamiento estructural de un Edificio de Concreto Reforzado con y sin Aislamiento sísmico en la Base” tesis para obtener el grado de Maestro en Ingeniería y presentada en la Universidad Nacional Autónoma de México UNAM indica que la incorporación de aislamiento sísmico beneficia altamente a la estructura y a los contenidos ya que disminuye notablemente la fuerza cortante, las aceleraciones y las distorsiones en cada nivel, al disminuir las fuerzas cortantes en los entrepisos, nos lleva a que el diseño de los elementos mecánicos sea regido por la combinación de cargas gravitacionales, lo que

reduce las secciones de los elementos estructurales, al reducir aceleraciones nos ayuda a proteger a los contenidos, reduciendo las distorsiones, minimizamos el daño a los elementos estructurales.

Morales (2018), en sus tesis “Diseño de un edificio de 8 niveles sobre aisladores de base elastomericos”, tesis para obtener el título de Ingeniero Civil presentada en la Universidad Nacional de Ingeniería en Managua detalla que la contribución del sistema de aislación a mejorar el comportamiento del edificio provocando que la superestructura se desplace como un cuerpo rígido, obteniéndose que los desplazamientos en el edificio aislado se redujeron un 78% con respecto al edificio convencional, además, estos desplazamientos de cada piso describen un comportamiento bastante lineal y uniformes en su distribución. Debido a que las dimensiones de los elementos de la superestructura del edificio aislado se lograron reducir notablemente en comparación a la estructura convencional, se puede afirmar que la superestructura recibe menor cantidad de energía sísmica ya que no requerirá que sus elementos desarrollen un comportamiento inelástico, dado que la sollicitación de esfuerzos en sus elementos estructurales será relativamente menor en comparación a la estructura convencional. Esto a su vez se traduce en una reducción de costos, lo cual compensaría considerablemente el aumento en el monto de la inversión inicial por el costo del sistema de aislación.

En la investigación de **Ramos & Villavicencio** (2019), titulada “Análisis sísmico comparativo de un edificio de mediana altura, con base fija empotrada, y con aisladores sísmicos elastoméricos” en la Universidad Estatal del Sur de

Manabí Ecuador presenta, un estudio comparativo del desempeño estructural de un sistema tipo pórtico con y sin sistema de aislación empleando aisladores elastomérico con núcleo de plomo (LRB).

Empleando así, la norma ecuatoriana de la construcción NEC-2015 y los requisitos de diseño dado por el FEMA-450. Con el objetivo de comparar cuál de estas dos configuraciones estructurales ofrece mayor protección sísmica. Concluyendo que la mejor protección sísmica para la estructura en estudio es la aislación basal.

Valerio (2015), en su tesis titulada “Análisis Comparativo de un edificio fijo en la base vs un edificio aislado utilizando 4 tipos de aisladores sísmicos”. tesis para obtener el título de Maestría de Ingeniería Estructural y de la construcción Civil en la Universidad Barcelona Tech España detalla un análisis comparativo estructural de un edificio fijo en la base versus un edificio aislado, utilizando cuatro tipos de aisladores sísmicos a través de un análisis tiempo – historia, utilizando el programa de cálculo estructuras ETABS 2013. Así como también compara el comportamiento que tiene la estructura con 4 tipos de aisladores sísmicos, los cuales son: HDRB, LRB, FPS y RNC, este último es un aislador de una tecnología inventada en la Universidad Politécnica de Catalunya

b. Nacionales

Hernández, Fernández & Dávila (2015) en su tesis titulada “Análisis estructural de un edificio aislado sísmicamente y de su sistema de aislamiento” presentaron un trabajo de investigación en el que se hace una revisión de los

métodos de diseño vigentes para el caso de aisladores sísmicos de goma con núcleo de plomo (LRB).

Dado el caso se estudió una serie de métodos de diseño propuestos en los reglamentos de construcción más conocidos, tales como el ASCE 7-10 y la norma chilena de diseño de aislamiento (NCH 257). Los resultados se presentaron y aplicaron al diseño de una estructura de concreto armado de cuatro niveles y su sistema de aislación. Encontrándose además que ante la acción de sismos con un nivel de peligro de 5% de excedencia en un periodo de 50 años, tanto los niveles de distorsión lateral como los de aceleración de entrepiso, disminuyeron sus valores al ser comparados con las correspondientes estructuras de base fija.

Hernández & Scaletti (2016) en su tesis titulada “Comportamiento sísmico de edificios aislados en la base en distintas etapas del proceso constructivo” realizaron un estudio sobre el comportamiento sísmico de estructuras aisladas. El objetivo de este trabajo fue determinar la respuesta sísmica de estructuras con aislamiento sísmico a medida que se va construyendo, ya que, como es sabido, la práctica actual del diseño sísmico implica el diseño de la estructura ya finalizada. Sin embargo, la construcción es un proceso gradual que, en algunos casos, puede tomar varios años, en los que la estructura puede verse sujeta a la acción de un sismo. Surge entonces la duda de si un sistema de aislamiento, diseñada para unas cargas que consideran la estructura completa, se comportará adecuadamente al estar incompleta, ya que las masas que se encuentran presentes en el momento del sismo son de muchos ordenes menores

a los proyectados, lo que provoca, adicionalmente, menores razones de aislación. El estudio encontró que, efectivamente, el sistema de aislamiento sísmico no funcionaría adecuadamente frente a la acción de un sismo, si este no se encuentra terminado, por lo que se recomienda tener en cuenta esa eventualidad en el diseño, en especial en estructuras emplazadas cerca a algún tipo de falla

Leyton (2017) en su tesis titulada “Implementación de aisladores sísmicos en un edificio de viviendas en el Perú”: realizó un estudio descriptivo de los sistemas de aislamiento más comunes en la actualidad, prestando especial énfasis en el uso de aisladores sísmico de goma con núcleo de plomo (LRB). El estudio tuvo como objetivo poner al alcance de la comunidad de ingenieros del Perú las técnicas de análisis y diseño desarrolladas en los estados unidos y presentados en normativas internacionales como el ASCE 7-10. Finalmente, se aplicaron estos criterios en el análisis y diseño de una estructura de concreto armado de cuatro niveles. Se diseñaron, tanto la superestructura como el sistema de aislamiento. Los resultados del análisis tiempo historia no lineal muestran que la estructura de base aislada es capaz de desarrollar menores niveles de distorsiones de entrepiso, así como de menores valores de aceleración de entrepiso.

Korswagen & Arias & Huaranga (2012) en su tesis titulada “Análisis y diseño de estructuras con aisladores sísmicos en el Perú”: realizaron un estudio sobre el uso del aislamiento sísmico en el Perú, como una técnica que permite la mejora del comportamiento sísmico de estructuras de concreto armado. Para esto realizaron una búsqueda bibliográfica tomando como principal fuente diferentes

normativas, en especial, la normativa americana el ASCE 7-10. Además, con la información recopilada se planteó la implementación de estas en el análisis y diseño de una estructura de concreto armado de base fija. Los resultados mostraron que en general las estructuras de base fijan tienen un comportamiento sísmico superior frente a estructuras de base fija. Se encontraron también una disminución notable de las distorsiones y aceleraciones de entrepiso.

Para **Kuehmeier** (2013). En su tesis: “Building information modeling and its impact on design and construction firms” [Impacto del BIM en las empresas constructoras] Tiene como objetivo conocer las ventajas y limitaciones del BIM en la industria del diseño y de la construcción, que aplicando un buen conocimiento del mismo se aumentara la productividad, todo esto a partir de entrevistas de pequeñas y grandes empresas para que puedan aplicar el BIM a sus actividades diarias. Concluyó lo siguiente: “el BIM está diseñado para ser la conexión entre programas específicos usados por ingenieros estructuritas, arquitectos, contratistas y vendedores. Basándose en programas que son interoperables el cual trabaja basadas en modelo de 3D, 4D Y 5D”

Lucen & Samokic (2018), en su tesis titulada “Análisis Y Diseño Estructural Comparativo de un Edificio de Concreto Armado de Diez Pisos con Bases Fija y Aislada ” para obtener el título de Ingeniero Civil en la Pontificia Universidad Católica del Perú detalla que mediante un análisis comparativo del comportamiento estructural de un edificio con base fija y base aislada se han utilizado dos (2) tipos de aisladores sísmicos, a través de un análisis dinámico y tiempo-historia, usándose para este último solo un registro sísmico. Se han

evaluado cuatro (4) parámetros estructurales: (i) la deriva del edificio, (ii) la aceleración en el piso superior, (iii) la fuerza cortante en la base y (iv) el desplazamiento del edificio.

También **Suarez & Morales & García** (2016) en su tesis de pregrado titulada “Diseño de un edificio de 8 niveles sobre aisladores de base elastoméricos”. Presentan el proceso para diseñar un edificio de 8 niveles con sistema de protección sísmica basal, mediante el uso de aisladores elastoméricos de bajo amortiguamiento. Con el objetivo de señalar una metodología para el diseño de los aisladores y realizar una comparación de desempeño con una estructura convencional. Concluyendo que se muestra una gran disipación de energía de entrada y disminución de fuerza cortante en comparación a una estructura convencional.

Así mismo en la tesis de **Korswagen & Eguren** (2017) (págs. 7,38,109). “Análisis y diseño de Estructuras con Aislantes Sísmicos en el Perú” Los objetivos principales de esta propuesta son expandir una investigación bibliográfica completa sobre los géneros, prácticas y contemplaciones en la utilización de protectores sísmicos de manera similar para contrastar la conducta de algunos modelos y decidir la ventaja de los aislantes, para actualizar una estructura con el acuerdo. de aislantes sísmicos y evaluar las distinciones en el último plan para crear reglas básicas para la incorporación de cubiertas sísmicas en estructuras del Perú; Del mismo modo, se centra en la utilización de aislantes es elastómericos, que explotan la adaptabilidad de un material similar al elástico para lograr una solidez horizontal baja, pero a la vez que lo consolidan con placas

de acero para aumentar la inflexibilidad vertical, representan la estructura que podemos adquirir. Posteriormente, una disminución en los materiales y, de esta manera, una disminución monetaria que podría remunerar el gasto de las envolturas. A la luz de esto, se ha realizado una medida similar entre la primera estructura y la estructura separada

c. Local

Aguiar & Mendoza (2020), en su tesis de pregrado titulada “Análisis estructural con aisladores sísmicos para edificio destinado para la Facultad de Ingeniería Civil de la Universidad César Vallejo usando modelo BIM, Moche - Trujillo - La Libertad” detalla que en el Diseño tipo de aislador sísmico modelo T150G4 – G Elastomérico LRB, tomado del catálogo Bridgestone, determinando 29 capas de goma con un espesor de 8.7 mm cada una llegando a una altura total de goma de 252.3 mm, una altura de aislador de 455.5 mm, y una deformación de 236 %, los cuales cumplen para las características de nuestra estructura considerando su peso y sus periodos, dada derivas obtenidas por el análisis dinámico no lineal (historia – respuesta), los resultados obtenidos fueron entre 0.0008 y 0.003, cumpliendo con la norma E.031, lo cual establece para estructuras aisladas una deriva máxima de 0.003 cumpliendo con los parámetros establecidos por la norma E.031 (Aislamiento Sísmico)

1.3. Formulación del Problema

1.3.1. Problema General

- ¿Cuál es el resultado del BIM5D en la obtención del performance estructural de un Edificio de 8 pisos Trujillo-2021 con aislamiento de la base?

1.3.2. Problema Específico

- ¿Cuál son los desplazamientos del Edificio 8 Pisos Trujillo-2021 frente a solicitaciones sísmicas?
- ¿Cuál son las aceleraciones del Edificio 8 Pisos Trujillo-2021 frente a solicitaciones sísmicas??
- ¿De qué manera un Performance Estructural con aislamiento de la base es económicamente beneficioso con BIM5D para el Edificio 8 Pisos Trujillo - 2021??

1.4. Objetivo

1.4.1. Objetivo general

- Determinar el performance estructural con sistemas de aislamiento de la base y BIM5D para el Edificio de 8 Pisos, Trujillo -2021.

1.4.2. Objetivo específicos

- Evaluar los desplazamientos del Edificio 8 Pisos Trujillo-2021 frente a solicitaciones sísmicas.
- Evaluar las aceleraciones del Edificio 8 Pisos Trujillo-2021 frente a solicitaciones sísmicas.

- Demostrar que un Performance Estructural con aislamiento de la base es económicamente beneficioso con BIM5D para el Edificio 8 Pisos Trujillo - 2021

1.5. Hipótesis

1.5.1. Hipótesis general

- Para el performance estructural del Edificio de 8 Pisos, Trujillo -2021 con sistemas de aislamiento de la base y BIM5D económicamente beneficioso se conocerá como una propuesta de Sistema Estructural de protección sísmica contribuye a obtener estructuras mejor resistentes a sismos de gran magnitud.

1.6. Bases teóricas

1.6.1. Filosofía del Diseño Sismorresistente

Según la norma E 0.30, su filosofía consiste en:

- Evitar pérdida de vidas humanas
- Asegurar la continuidad de los servicios básicos
- Minimizar los daños a la propiedad

Teniendo en cuenta los siguientes principios:

- La estructura no debería colapsar, puede tener daños importantes debido a sismos severos.
- La estructura debe soportar sismos moderados, teniendo daños reparables dentro de los límites aceptables.

La filosofía de la norma es considerable para edificios de pocos pisos, pero para un edificio de las características del proyecto o mayores, se debe tomar en

cuenta un sistema de protección sísmica, para evitar daños importantes en el sistema estructural, además de reducir la presencia de elementos de corte, por consecuencia, reducir el costo del edificio.

1.7. Sistema de Control Estructural

El sistema estructural es el conjunto de elementos estructurales que garantizaran resistencia y respuesta aceptable ante cargas de gravedad, laterales, además de que debe ser rentable.

Ante esto será sometido a un análisis sísmico estático, dinámico modal espectral que debe cumplir con las derivas máximas permisibles según la norma. Además, para optimizar el sistema estructural se adiciona un sistema de protección sísmica, el cual permitirá realizar un análisis tiempo historia no lineal, para que cumpla con la deriva objetivo y así garantizar solo daño de rango de leve a moderado ante un sismo severo, según la metodología Hazus.

Luego de este análisis se realiza el diseño estructural de los elementos y del sistema de protección sísmica.



Figura 2.-Clasificación de los sistemas de control estructural

Fuente : Elaboracion propia

El sistema de control estructural pasivo no requiere de sensores energéticos, es decir, que cuando se presenta el sismo, no habrá la necesidad de un sensor en la parte superior del edificio que envíe al sistema la cantidad de energía que debe disipar; tal como los de tipo activo.

Las ventajas respecto a otros tipos de sistemas de control estructural:

Comportamiento independiente en función a la energía sísmica de entrada.

- Ahorro debido a evitar reparaciones después de un evento sísmico severo.

Este sistema pasivo tiene tres dispositivos a poder utilizar:

- Amortiguador de masa: Consiste en cargar en el último nivel una importante masa concentrada que funcionaría como contrapeso, para poder reducir las oscilaciones que se presentaría y absorber la energía cinética inicial.
- Aislamiento en la base: Usando un sistema de aisladores, se reduce la cortante en la base de la superestructura, tomando el restante para poder diseñar los elementos de corte de esta. Siendo efectiva en áreas amplias por la cantidad de aisladores que se pueden presentar, por ejemplo, centros educativos, hospitales, entre otros de gran área.
- Disipadores de energía: Toma en consideración un sistema de dispositivos que añade amortiguamiento a la estructura sin cambiar su rigidez, siendo útil en edificios altos y/o en reforzamiento estructural.

1.8. Filosofía Aislamiento de Base Sísmico

El principio fundamental del aislamiento sísmico es modificar la respuesta dinámica de la estructura (rigidez, masa y amortiguamiento), de tal manera que el suelo pueda desplazarse debajo de ella sin transmitir alguno de sus movimientos.

Es el estado de ser separada la base que soporta una estructura. Como se sugiere en el sentido literal, la estructura es separada de su cimentación. Esta terminología es comúnmente reemplazada hoy en día por el concepto de Aislamiento Sísmico. En otro sentido este término es más preciso para definir la separación de una estructura de los efectos sísmicos.

El aislamiento sísmico es una aplicación establecida en el que una estructura se coloca sobre un material que contenga baja rigidez lateral, tal como el caucho que logra conseguir una base flexible y durante un sismo es capaz de filtrar las altas frecuencias del movimiento del suelo, evitando así daños a la estructura o incluso el colapso.



Figura 3.-Aislador de goma-plomo

Fuente: Comunidad para la ingeniería civil

¿Cuál es el objetivo del Aislamiento Sísmico?

Simplymente es llevar el periodo predominante de la estructura ya sea en X o en Y a un tiempo donde las aceleraciones sean mínimas.

Cuando hablamos de aislamiento es llevar el periodo, modificar el comportamiento dinámico de una estructura mediante el cambio de posición, es decir llevar el periodo de la estructura de base empotrada a periodos largos donde las aceleraciones sean las mínimas en ellas.

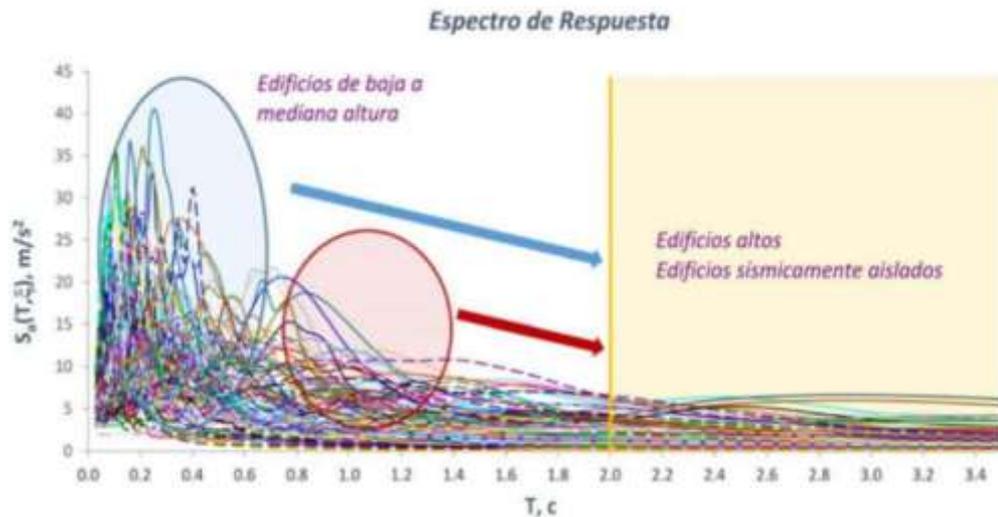


Figura 4.- Respuesta sísmica de edificios aislados

Fuente: Comunidad para la ingeniería civil

Los sistemas de aislamiento sísmico suponen la instalación de unidades de aislamiento (aisladores) bajo puntos específicos de soporte de una estructura. Los aisladores poseen una rigidez lateral mucho menor que la rigidez lateral de la estructura. Los sistemas de aislamiento sísmico limitan la transferencia de energía sísmica a la estructura.

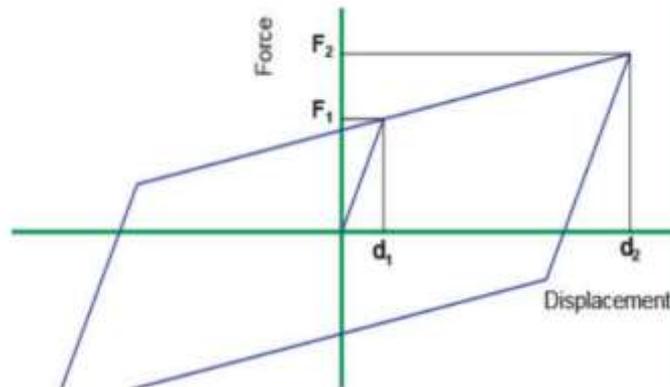


Figura 5.- Diagrama Histérico: “Esfuerzo – Desplazamiento”

Fuente: Google imágenes

El sistema de aislamiento sísmico representa el equilibrio entre la reducción de las fuerzas sísmicas y el incremento de los desplazamientos.

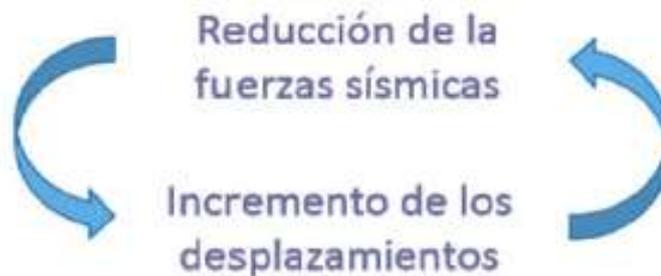


Figura 6.- Resultados Aislación Sísmica

Fuente: google imágenes

Con el aumento de la flexibilidad del sistema de aislamiento sísmico, movimientos relativos de la estructura con respecto a su base pueden convertirse en un problema bajo cargas no sísmicas como cargas de viento.

Componentes de los Sistemas de Aislamiento:

- Unidad de Aislamiento
- Interfaz de Aislamiento
- Sistema de Aislamiento

Unidades, interfaz y sistema de Aislamiento

Aislador Elastomérico de Caucho Natural de Bajo Amortiguamiento (LDR)



Figura 7.- Aislador Elastomérico de Caucho de Bajo Amortiguamiento (LDR)

Fuente: Google Imágenes

Aislador Elastomérico de Caucho con Núcleo de Plomo (LRB)



Figura 8.- Aislador Elastomérico de Caucho con núcleo de plomo (LRB)

Fuente: Google Imágenes

Aislador Elastomérico de Caucho de Alto Amortiguamiento (HDR)



Figura 9.- Aislador Elastomérico de Caucho de Alto Amortiguamiento (HDR)

Fuente: Google Imágenes

Aislador de Péndulo de Fricción

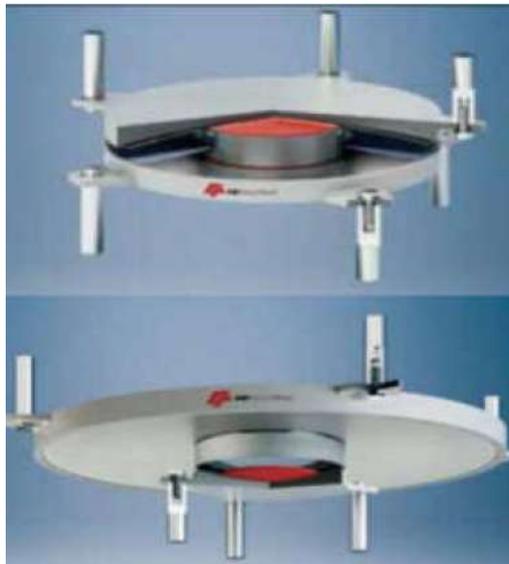


Figura 10.- Aislador de Péndulo de Fricción

Fuente: Google Imágenes

1.9. Elementos complementarios al Sistema de Control Estructural

Son complementarios al sistema, con la función de ser acoplamiento y de seguridad para su óptimo uso y protección. Estos son los brazos metálicos y la viga de acoplamiento.

- **Brazo metálico:** De acero estructural hueco con la finalidad de arriostrar.
- **Alisador:** es una colección de elementos estructurales para desemparejar una superestructura del edificio de su tierra y así proteger la integridad del edificio.
- **Viga de acoplamiento:** Será el soporte para los brazos metálicos, será del mismo material que el de los brazos metálicos. Esta viga deberá sobrellevar los esfuerzos máximos de los brazos metálicos producidos en el centro de la viga.

Todo proyecto funcionable debe tener en cuenta la estructuración, análisis sísmico para la evaluación de la misma y el diseño final de cada elemento estructural. Como es la primera etapa que se debe realizar, se ha de tener criterio para realizar la estructuración, ya que se debe decidir cómo será la distribución de los elementos estructurales para poder suplir las demandas de gravedad y sísmicas. Se debe procurar que la estructuración tenga:

- **Simetría:** Mínima irregularidad en lo posible, tanto en planta como en altura.
- **Continuidad vertical:** Los elementos verticales (columnas, muros de corte), deberían ser continuos para evitar cambios radicales de la resistencia

al corte por la fuerza cortante de entrepiso producida por el sismo, a fin de evitar pérdida de rigidez.

- **Sistema Estructural:** Para este tipo de edificios se podrá considerar entre muros y dual (combinación de muros de corte y pórticos).
- **Diafragma rígido:** Es importante tomar el presente concepto, ya que su principal objetivo es garantizar que los elementos verticales (columnas, muros de corte) y horizontales (vigas) y losas se desplacen uniformemente después de realizar los análisis sísmicos. Dicha función lo toma generalmente las losas.
- **Resistencia y ductilidad:** Los elementos estructurales deben ser capaces de resistir las demandas con éxito, en ambas direcciones. Además, estos elementos tienen que tener un comportamiento dúctil, es decir, que no exista falla frágil.
- **Rigidez lateral:** La rigidez es la capacidad o resistencia de los elementos para que no genere deformaciones excesivas.
- **Cimentación:** Considerar que los esfuerzos actuantes sean menores a la resistencia del suelo.

1.10. Estructuración del Edificio

Se colocarán los elementos estructurales de manera equitativa y en lo posible regular.

- **Losas:** Se distribuirán los paños de tal manera que se formen en las intersecciones entre ejes. Se tomarán las losas aligeradas unidireccionales

en los niveles típicos. Las losas macizas se las usará en paños con aberturas o paños irregulares.

- **Vigas:** Estos elementos estructurales horizontales se las clasificara en principales, secundarias, borde, chatas.
- **Columnas:** Elementos verticales que proveerán el soporte y rigidez lateral que soportarán las cargas de gravedad y de sismo.
- **Muros de corte:** Estos serán predominantes en cajas de ascensores y cajas de escaleras y puedan darle mayor rigidez en la estructura.

1.11. Aislamiento Sísmico

1.11.1. Fundamentos

Sabemos que ductilidad es la capacidad de un sistema estructural de sufrir deformaciones considerables (por encima del límite elástico) bajo una carga variable, sin padecer daños excesivos. Esta propiedad, en una estructura que debe resistir efectos sísmicos, elimina la posibilidad de una falla frágil y además suministra una fuente adicional de amortiguamiento. Es por ello que una parte importante del diseño sísmico consiste en proporcionar a la estructura además de la resistencia necesaria, la capacidad de deformación que permita la mayor ductilidad posible para salvar así un edificio del colapso.

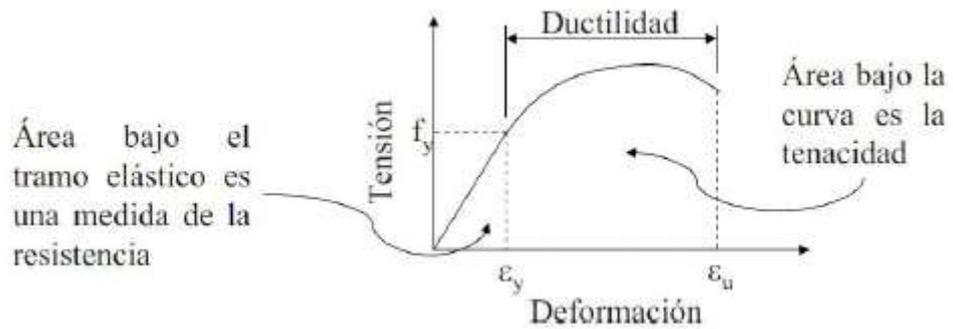


Figura 11.- Diagrama Tensión vs Deformación del Hormigón

Fuente: Bonilla Sosa, 2012, pág. 18

Para minimizar los desplazamientos entre pisos se rigidiza la estructura, sin embargo, esta solución amplifica los movimientos de la base (suelo), lo cual se traduce en altas aceleraciones en los pisos generando daños al equipamiento interno, a la vez para disminuir estas aceleraciones se podría utilizar un sistema más flexible, pero esto nos lleva al problema inicial de tener considerables desplazamientos entre pisos. Tradicionalmente, el factor de ductilidad asociado al desplazamiento se ha utilizado como criterio para establecer el espectro de respuesta inelástica para el diseño sismorresistente de edificios.

De ahí la resistencia mínima requerida (capacidad de resistir fuerzas laterales) en un edificio se estima con base en ese espectro (Arriagada Rosas, 2005, pág.37).

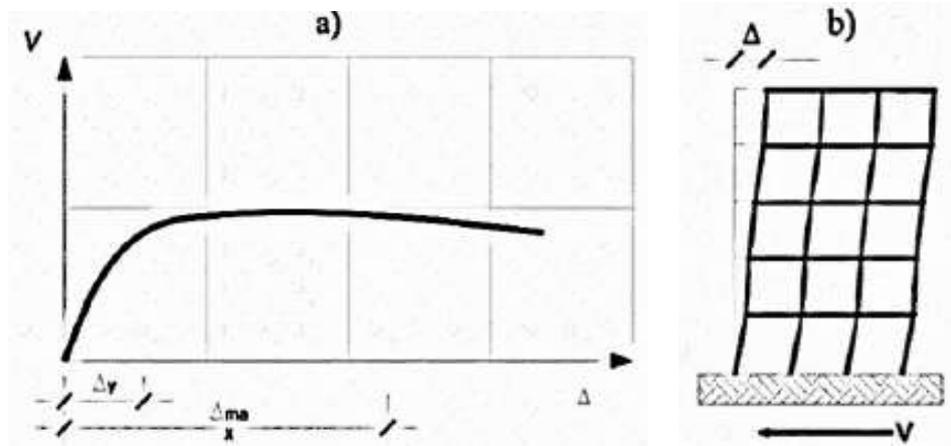


Figura 12.- Curva de Capacidad (análisis no lineal de la estructura)

Fuente: (IZAGUIRRE CORONA, 2007, pág. 22)

Al estudiar la respuesta inelástica de los edificios, es especialmente ilustrativa la denominada curva de capacidad que se muestra en la Figura 12.

Dicha curva se obtiene a partir del análisis no lineal de estructuras sometidas a fuerzas estáticas horizontales, denominado en inglés pushover analysis, que relaciona el desplazamiento del nivel superior del edificio Δ , con el cortante en la base. Estudios recientes realizados sobre estructuras sometidas a cargas cíclicas horizontales, han puesto de manifiesto que, para alcanzar valores de ductilidad estructural próximos a los valores de proyecto, es necesario que los valores de la ductilidad seccional sean mucho más altos.

El diseño convencional de estructuras sismorresistentes se fundamenta en los conceptos de ductilidad y redundancia estructural, que permiten reducir de forma significativa las fuerzas inducidas por sismos severos, teniendo también en cuenta la capacidad de disipación de energía de los elementos de las estructuras y

en sus nudos, la ductilidad global de una estructura se alcanza por la plastificación local de estos elementos.

El aislamiento sísmico es una técnica de diseño sismo resistente que consiste en introducir un elemento de apoyo de alta flexibilidad o baja resistencia, que independiza a la estructura del movimiento horizontal del suelo. Los aisladores reducen notablemente la rigidez del sistema estructural, haciendo que el periodo fundamental de la estructura aislada sea mucho mayor que el de la misma estructura con base fija.

1.11.2. Amortiguamiento En Los Sistemas Aislados.

Los principios en los cuales se basa el funcionamiento del aislamiento por la base son dos: en primer lugar, la flexibilización del sistema estructural o alargamiento del período y, en segundo lugar, el aumento del amortiguamiento.

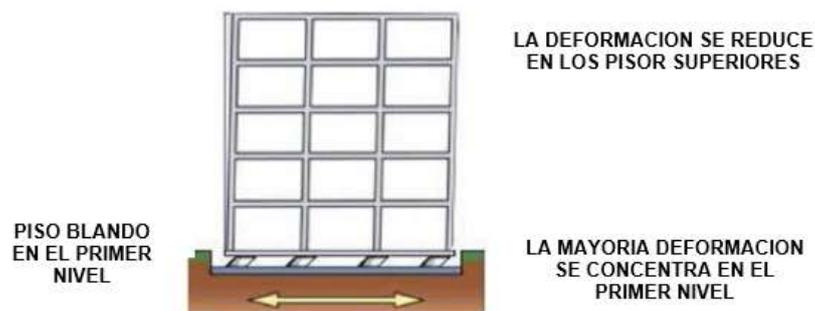


Figura 13.- Sistema de piso blando (planta baja flexible) con deformaciones controladas.

Fuente: (Gatica Lagos, 2012, pág. 34).

El aumento del amortiguamiento viene dado principalmente por el sistema de aislamiento utilizado, éste busca reducir la demanda de deformaciones sobre el

sistema de aislamiento y la superestructura, sin producir un aumento sobre las aceleraciones de esta última.

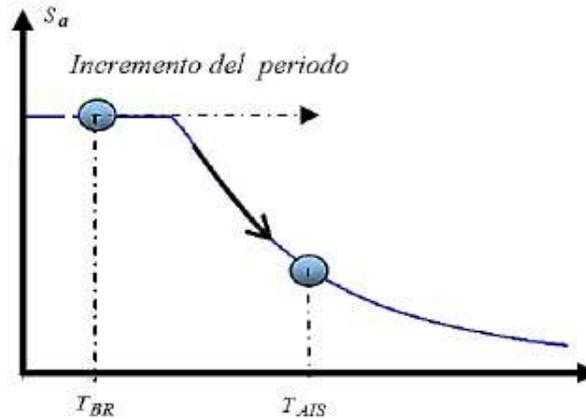


Figura 14.- Reducción del cortante debido al incremento del período

Fuente: (QUIROZ LOZANO, 2010, pág. 8).

El amortiguamiento en los sistemas aislados puede proveerse de diversas maneras. La figura 14 representa que al aumentar las fuerzas laterales disminuye el cortante. Esta disminución en las fuerzas laterales, también se ve beneficiada con una reducción de los desplazamientos necesarios para llegar a dichas fuerzas, sin incurrir en un incremento del periodo. Véase Figura15.

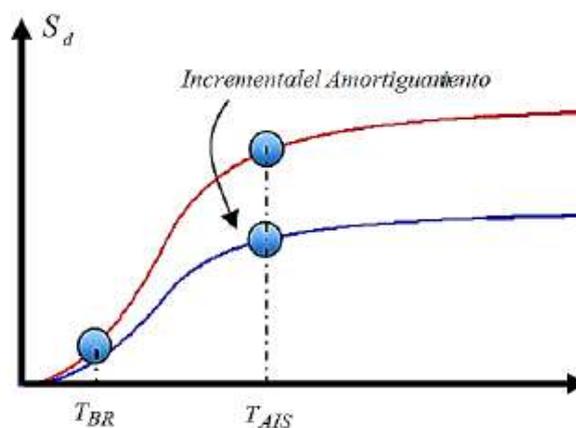


Figura 15.- Disminución de los desplazamientos por al incremento de amortiguamiento

Fuente: (Quiroz Lozano, 2010, pág. 8).

1.12. Sistema de Aislación de la Base

El diseño de estructuras con aislamiento por la base, se fundamenta en el principio de separar la superestructura (componentes del edificio ubicados por sobre la interfaz de aislamiento) de los movimientos del suelo o de la subestructura, a través de elementos flexibles en dirección horizontal, generalmente ubicados entre la estructura y su fundación, o a nivel del cielo del subterráneo (subestructura), sin embargo, existen casos donde se han colocado aisladores en pisos superiores. La incorporación de aisladores sísmicos permite reducir la rigidez del sistema estructural logrando que el período de vibración de la estructura aislada sea, aproximadamente, tres veces mayor al período de la estructura sin sistema de aislamiento.

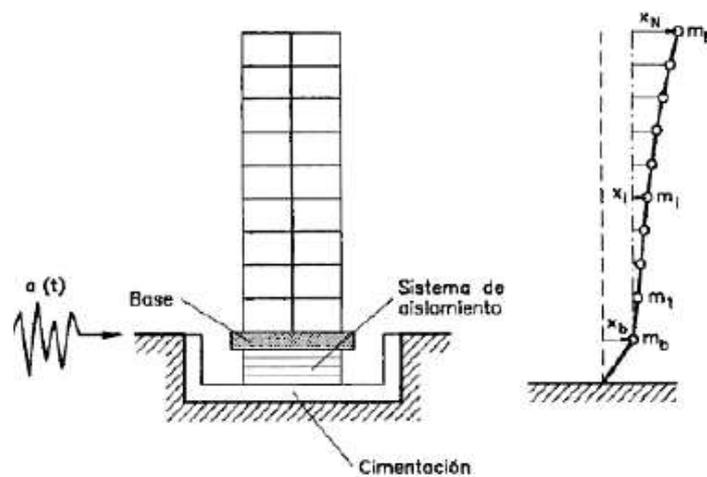


Figura 16.- Edificio con aislación de la base. (a) Esquema. (b) Modelo dinámico

Fuente: (Saavedra Quezada, 2005, pág. 4).

El diseño de edificios con aisladores de base, busca mantener la estructura en el rango lineal elástico, concentrando las no linealidades en la base.

Para un edificio dado, y considerando la notación de la figura 09, la ecuación del movimiento del sistema sometido a una excitación sísmica de aceleración $a(t)$, es:

$$m_b(\ddot{u}_g + \ddot{q}_b) + r^t M(\sum \phi_i \ddot{y}_i + r\ddot{u}_g + r\ddot{q}_b) + f = 0$$

Ecuación 1.- Ecuación de equilibrio de desplazamiento en la base.

Adicionalmente, los aisladores dinámicos requieren, en general, dispositivos que mantengan los desplazamientos máximos horizontales dentro de límites aceptables de diseño.

Los sistemas de aislación de la base para una edificación deben dotar a ésta de:

- **Flexibilidad** para aumentar el período de vibración, y, por tanto, reducir la fuerza de respuesta sísmica.
- **Capacidad de disipación de energía** para reducir los desplazamientos producidos por sismo, los cuales están directamente relacionados con el daño en un edificio.
- **Rigidez para niveles bajos de carga**, como lo son las fuerzas de viento y sismos de menor importancia.

1.13. Consideraciones generales de los efectos sísmicos en las estructuras

1.13.1. Fuerza de inercia

Como vimos al iniciar este capítulo, la fuerza de inercia es la generada por el movimiento sísmico que se transmite desde la cimentación a la superestructura.

1.13.2. Período

En un sistema elástico de un grado de libertad la respuesta sísmica depende de su período de vibración, por lo que la respuesta máxima de una estructura ante un sismo varía principalmente por el período de vibración que está en función de la masa y la rigidez del sistema (R).

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{R}}$$

Ecuación 2.- Periodo de la estructura.

Además, los períodos de vibración de un edificio aumentan con el número de pisos, por lo que se acostumbra a numerar a las T en orden decreciente, es decir el primer período 1 T se denomina período fundamental y tiene mayor valor, mientras que la última n T es el de menor valor. En cada período se obtiene una deformada llamada modo de vibración. La relación entre el período fundamental del edificio ET y el período dominante del suelo ST influye en la respuesta de una estructura real. La resonancia ocurre cuando esta relación está cerca de la unidad, ya que la amplitud de la respuesta es mayor. Por ello, es conveniente evitar esta situación en los edificios, alejando el valor ET del ST, es recomendable procurar que la relación cumpla con el siguiente rango:

$$0,70 \leq \frac{T_E}{T_S} \leq 1.20$$

Ecuación 3.- Relación de periodos.

1.13.3. Amortiguamiento

En las estructuras, el amortiguamiento es generado por las fricciones internas de los elementos, apoyos, elementos no estructurales, etc., todos estos disipan la energía sísmica, al ser el amortiguamiento una característica estructural influye en la respuesta sísmica, porque decrece el movimiento oscilatorio, se expresa normalmente como una fracción del amortiguamiento crítico (ε), donde el movimiento resultante en vez de ser oscilatorio decrece exponencialmente con el tiempo hasta hacerse cero

1.13.4. Ductilidad

Es la capacidad de un sistema estructural **de sufrir deformaciones** considerables bajo una carga variable, sin padecer daños excesivos. La ductilidad (μ), se define como el cociente entre el máximo desplazamiento (δp) y el desplazamiento de cedencia (δy).

$$\mu = \frac{\delta p}{\delta y}$$

Ecuación 4.- Ecuación de ductilidad.

1.13.5. Modelo dinámico para edificios con aisladores sísmicos.

El propósito de esta sección es dar a conocer el modelo matemático que se utilizará para estudiar el comportamiento dinámico de edificios con aisladores sísmicos, el cual se basa en la extensión de la teoría lineal para edificios de base aislada. Se presentarán las ecuaciones dinámicas para los dos modelos que se utilizan; edificio con aisladores de comportamiento lineal y edificio con aisladores de comportamiento no lineal. Los modelos en estudio consideran un análisis plano del edificio.

a. Ecuaciones de movimiento para definir el comportamiento del sistema.

Se considera en esta sección el estudio de la respuesta sísmica de un edificio de cortante de varios pisos aislado en la base, con un grado de libertad por planta, y que se encuentra solicitado por un registro de aceleración como se indica en la figura 17. Se analiza la respuesta numérica de un edificio con sistema de aislamiento en su base, considerando que la estructura tiene un comportamiento elástico lineal y que el aislador puede ser simulado usando un modelo lineal y uno no lineal.

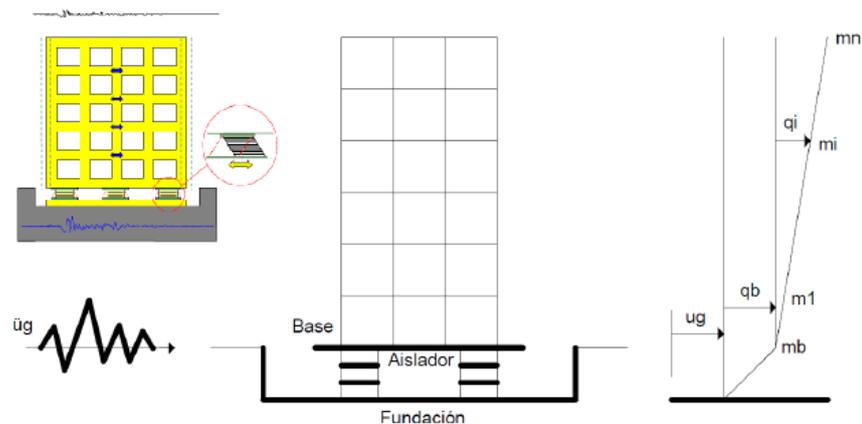


Figura 17.- Diagrama edificio aislado en la base y del modelo dinámico de la estructura.

Fuente: (Saavedra Quezada, 2005, pág. 14).

Para el modelo indicado se tiene:

u_g : Excitación ó movimiento de terreno.

q_b : Desplazamiento relativo entre la fundación y la base del edificio.

q : Vector de desplazamiento de piso relativo a la base del edificio.

m_b : Masa de la base del edificio

La ecuación de movimiento del edificio con respecto a la base es:

$$M\ddot{q} + c\dot{q} + kq = -Mr(\ddot{u}_g + \ddot{q}_b)$$

Ecuación 5.- Ecuación de movimiento del edificio

En el que:

M: Matriz de masa.

C: Matriz de amortiguamiento.

K: Matriz de rigidez.

r: Vector que acopla cada grado de libertad al movimiento del suelo.

Para

edificios de cortante, $r = \{1\}_{nx1}$

Pre multiplicando la ecuación 5 por $r^t = (111\dots1)$, se puede encontrar que

la fuerza de disipación y elástica ejercida por el edificio sobre la base es:

$$r^t C \dot{q} + r^t k q = -(r^t M r (\ddot{u}_g + \ddot{q}_b) + r^t M \dot{q})$$

Ecuación 6.- Pre multiplicado de ecuación 5.

Luego la ecuación del movimiento para la base del edificio es:

$$m_b(\ddot{u}_g + \ddot{q}_b) + r^t M (\sum \phi_i \ddot{y}_i + r \ddot{u}_g + r \ddot{q}_b) + f = 0$$

Ecuación 7.- Ecuación de movimiento del edificio con aislamiento.

En que f es la fuerza ejercida por el aislador a la base del edificio de masa.

La expresión que define esta fuerza depende del tipo de aislador usado (HDR, LRB y FPS).

b. Ecuación de movimiento del aislador como sistema lineal.

En el análisis lineal una de las más importantes es que este sistema permite obtener una solución numérica aproximada y simple para los aisladores que se utilicen en la base del edificio.

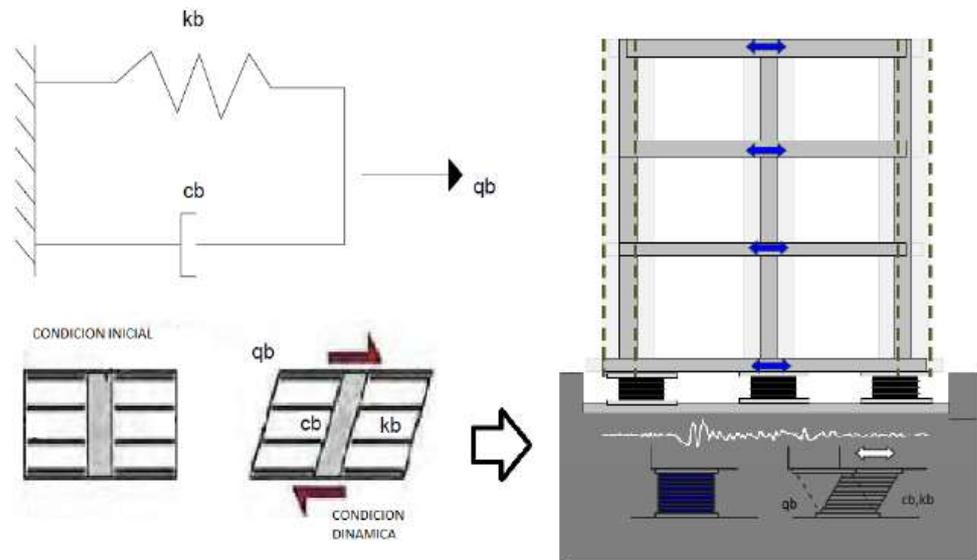


Figura 18.- Modelo dinámico lineal de los aisladores de la base del edificio.

Fuente: (Saavedra Quezada, 2005, pág. 16).

En este modelo la expresión de la fuerza debido al amortiguamiento y rigidez del de la base aislada es:

$$f = c_b \dot{q}_b + k_b q_b$$

Ecuación 8.- Fuerza de amortiguamiento y rigidez de la base aislada.

Donde:

c_b : Amortiguamiento equivalente de la base aislada.

k_b : Rigidez equivalente de la base aislada.

q_b : Desplazamiento relativo entre la fundación y la base del edificio.

Luego la ecuación del movimiento para la base del edificio debido a una aceleración horizontal es:

$$m_b(\ddot{u}_g + \ddot{q}_b) + r^t M(\sum \phi_i \ddot{y}_i + r \ddot{u}_g + r \ddot{q}_b) + c_b \dot{q}_b + k_b q_b = 0$$

Ecuación 9.- Ecuación de un movimiento debido a una aceleración horizontal lineal.

Desarrollando las ecuaciones se llega al siguiente sistema de ecuaciones.

$$L_i \ddot{q}_b + \ddot{y}_i + 2\omega_i \beta_i \dot{y}_i + \omega_i^2 y_i = -L_i \ddot{u}_g$$

$$L_i \ddot{q}_b + \ddot{y}_i + 2\omega_i \beta_i \dot{y}_i + \omega_i^2 y_i = -L_i \ddot{u}_g$$

$$\sum \frac{L_i M_i}{m + m_b} = \ddot{y}_i + \ddot{q}_b + 2\beta_b \omega_b \dot{q}_b + \omega_b^2 q_b = -\ddot{u}_g$$

$$\omega_b = \sqrt{\frac{k_b}{m + m_b}} \quad 2\beta_b \omega_b = \frac{c_b}{m + m_b} \quad m = r^t M r = m_1 + m_2 + \dots + m_n$$

Donde:

ω_b : Frecuencia fundamental de la base aislada.

β_b : Factor de amortiguamiento de la base aislada.

m : Masa total del edificio.

Máximos desplazamientos en la base del edificio. Por lo tanto, como una aproximación adecuada se puede asumir que el edificio vibra en el primer modo, obteniéndose las siguientes expresiones (para el modo $i=1$).

$$L_1 \ddot{q}_b + \ddot{y}_1 + 2\omega_1 \beta_1 \dot{y}_1 + \omega_1^2 y_1 = -L_1 \ddot{u}_g$$

$$\frac{L_i M_i}{m + m_b} = \ddot{y}_i + \ddot{q}_b + 2\beta_b \omega_b \dot{q}_b + \omega_b^2 q_b = -\ddot{u}_g$$

Luego al resolver las ecuaciones acopladas anteriormente, se obtienen las amplitudes modales $y_1(t)$ y el desplazamiento de la base

q_b .

1.14. Metodología BIM

BIM son las siglas de (Building Information Modeling), es el Modelado de Información de Construcción también llamado como Modelado de Información para la Edificación, es una nueva metodología de trabajo con procesos vinculados basados en un modelo tridimensional inteligente, que permite realizar simulaciones multidimensionales (3D, 4D, 5D, 6D y 7D) con una excelente interpretación y gestión de datos de la edificación para una mejor toma de decisiones durante todo el ciclo de vida del proyecto, esto se desarrolla a través de un entorno computarizado (pre construcción virtual) que permite simular en tiempo real procesos cuantitativos, disminuyendo la pérdida de tiempo y optimizando recurso

Hoy en día no existe una definición universal sobre BIM, pero todas coinciden en términos, por ello se cita algunos de las definiciones representativas según los siguientes autores:

Según (Autodesk, 2018), define a BIM como: “Building Information Modeling (BIM) es un proceso basado en el modelado 3D inteligente que dota a los profesionales de la arquitectura, ingeniería y construcción del conocimiento y las herramientas para planificar de manera más eficiente, diseñar, construir y gestionar edificios e infraestructuras.”

Según (National BIM Standard - US, 2014), define a BIM como: “Una representación digital de las características físicas y funcionales de una edificación. BIM es una fuente de conocimiento compartido para obtener información acerca de una edificación formando una base confiable para la toma de decisiones durante todo el ciclo de vida, definido desde su concepción temprana hasta su demolición.”

Según (Building Smart Spain, 2018), define a BIM como: “Building Information Modeling (BIM) es una metodología de trabajo colaborativa para la creación y gestión de un proyecto de construcción. Su objetivo es centralizar toda la información del proyecto en un modelo de información digital creado por todos sus agentes. BIM supone la evolución de los sistemas de diseño tradicionales basados en el plano, ya que incorpora información geométrica (3D), de tiempos (4D), de costes (5D), ambiental (6D) y de mantenimiento (7D).”

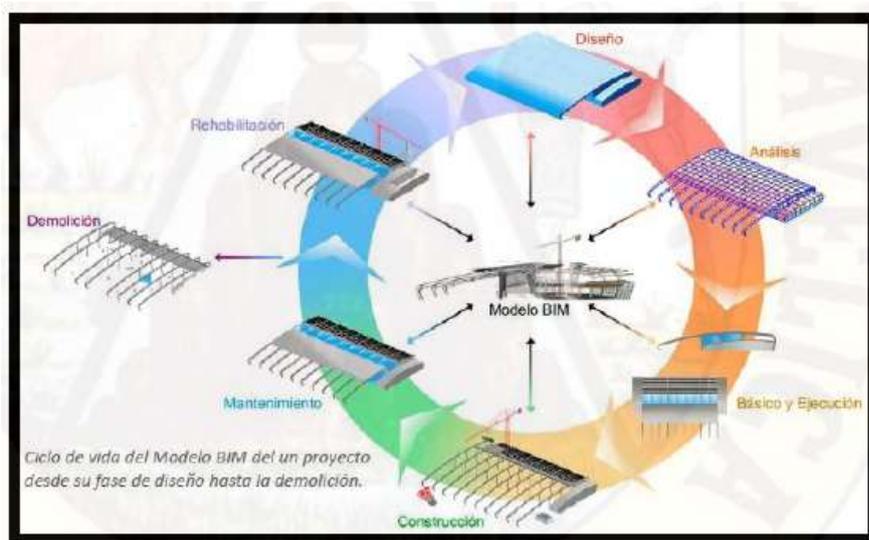


Figura 19.- Ciclo de vida del Modelo BIM de un proyecto.

Fuente: Building Smart Spain, 2018

1.14.1. Dimensiones de BIM

La vinculación de dimensiones entre los datos a los modelos de información tiene el potencial para dar una comprensión más rica de un proyecto de construcción: cómo va a ser entregado, lo que costará y cómo debe ser mantenido. Se explorará las dimensiones BIM 1D, 2D, 3D, 4D, 5D, 6D, y 7D, que representa el ciclo de vida de un proyecto que comienza con una idea y termina con el derribo y posible, reciclaje del proyecto hecho realidad.

Según (ESPACIOBIM, 2016), establece 7 dimensiones las cuales define como:

“1D = La idea:

Partimos de una idea una vivienda, por ejemplo y definimos las condiciones iniciales, la localización; realizamos unas primeras estimaciones superficie, volumetría y costes; establecemos el plan de ejecución, etc.

2D = El boceto:

Preparamos el software para modelar; planteamos los materiales; definimos las cargas estructurales y energéticas; y establecemos las bases para la sostenibilidad del proyecto.

3D = Modelo de información del edificio:

A partir de toda la información recopilada se genera el modelo 3D que nos servirá como base para el resto del ciclo de vida del proyecto. Es más que una representación gráfica de la idea. El modelo 3D no solo es

algo visual, sino que incorpora toda la información que se necesitará para las siguientes fases dimensiones BIM.

4D = Tiempo:

A lo que hasta ahora podría considerarse algo estático se le aporta la dimensión del tiempo. De modo que podemos definir las fases del proyecto, establecer su planificación temporal; así como realizar simulaciones de parámetros temporales ciclo de vida, sol, viento, energía, etc.

5D = Coste:

Se trata del control de costes y estimación de gastos del proyecto. El principal objetivo de esta dimensión es mejorar la rentabilidad del proyecto.

6D = Simulación:

En ocasiones llamada Green BIM o BIM verde, consiste en simular las posibles alternativas del proyecto para finalmente llegar a la alternativa óptima. Y todo ello antes de ‘colocar el primer ladrillo’.

7D = Manual de instrucciones:

Podría decirse que se trata del manual que hay que seguir durante la vida del proyecto, una vez construido, para el uso y mantenimiento del mismo inspecciones, reparaciones, mantenimientos, etc.”

Según (Engarc Solutions S.L., 2013), manifiesta que existen hasta las dimensiones 3D, 4D y 5D manifestando que:

“MODELAMIENTO 3D, Este modelo inicialmente representará la información del diseño arquitectónico y de cada una de las ingenierías involucradas. Un buen modelo 3D es vital para garantizar la buena aplicación del resto de etapas en BIM. Esto nos permite obtener una representación geométrica detallada de cada parte del edificio dentro de un medio de información integrada. Esto se traduce en información más fácil de compartir, argumentar, reutilizar y asignar valores consiguiendo de esta forma una propuesta de diseño sea sólida y coherente con las ingenierías. Creemos que demasiados detalles en la fase de diseño 3D también puede ser contraproducente y caro. Más detalles pueden ser añadidos durante la fase de ejecución de cara a su reutilización durante el uso/mantenimiento del proyecto.

Algunas de las tareas que se llevan y pueden llevar a cabo durante esta fase:

- Modelado Arquitectura.
- Modelado ingeniería Estructural.
- Modelado Especialidades (Eléctrica, Sanitaria, Mecánica, AC).
- Análisis de Colisiones.
- Cubicaciones.
- Estimación General de costo de proyecto.

MODELAMIENTO 4D, manifiesta que se basa en el control de logística de su proyecto para/durante la ejecución del mismo logrando que sea más predecible el resultado final, logrando así que la ejecución y el

producto final sea de mayor calidad, más seguro y eficiente. Estas metodologías nos permiten comprender y controlar las dinámicas de la ejecución de su proyecto a través de la posibilidad de efectuar análisis completos, realizar simulaciones rápidas y eficientes (fases de construcción, zona de faena, mayor precisión en su manufactura, optimizar la operatividad). Logramos comprender cuál será su desempeño con el medio real en el que se edificará/funcionará. Algunas de las tareas que se pueden llevar a cabo durante esta fase son:

Simulaciones de las fases de construcción/producción.

- Diseño y simulación de zona de faena.
- Diseño Plan de Ejecución (Cartas Gantt).
- Diseño Prefabricación/Fabricación de piezas, equipos y prototipos.

MODELAMIENTO 5D, manifiesta que esta abarca todo lo relacionado con el control de costos y estimación de gastos de su proyecto logrando que su empresa tenga mayor control sobre toda la información contable y financiera del proyecto. Las dinámicas de su proyecto que logramos controlar y gestionar en este tipo de servicios van directamente relacionados a mejorar la rentabilidad de su proyecto. No solo saber cuándo, cómo y dónde está gastando su inversión, pero planificar de forma detallada cuando, como y donde se gastará. Por otro lado, en combinación con otros servicios BIM nos permite controlar el costo total de su ciclo de vida y almacenar información exacta durante su uso/mantenimiento. Su desempeño con el medio en el que se edificará se hace más predecible con

lo que conseguimos finalmente reducir considerablemente sus costos de mantenimiento/uso al incorporar soluciones a medida. Soluciones tales como domótica o eficiencia energética haciendo que además sea más amigable con el medio ambiente y las personas. Algunas de las tareas que se pueden llevar a cabo durante esta fase son:

- Definición de cantidad de materiales vs. Costos según distribuidor.
- Control y organización de gastos siempre actualizados (compras, pedidos, salarios...).
- Estimación de costos operativos en fase de uso/mantenimiento.
- Según (Manfort Pitarch, 2015), establece las dimensiones como:
- “BIM 4D, Al modelo se le agrega la dimensión del tiempo. Es decir, se puede asignar a cada elemento una secuencia de construcción.

Nos permite controlar la dinámica del proyecto, realizar simulaciones de las diferentes fases de construcción, diseñar el plan de ejecución y anticiparnos a posibles dificultades, aumentando así la productividad y facilitando el cumplimiento de plazos previsto inicialmente.

- BIM 5D, Abarca el control de costes y estimación de gastos de un proyecto, teniendo así más control sobre la información contable y financiera y mejorando por tanto la rentabilidad del proyecto y facilitando el cumplimiento de presupuestos previsto inicialmente.

- BIM 6D, La sexta dimensión de BIM (también llamada Green BIM), está relacionada con un factor que tiene cada vez más importancia, sostenibilidad del edificio, nos brinda la oportunidad de conocer cómo será el comportamiento del proyecto antes de que se tomen decisiones importantes y mucho antes de que comience la construcción teniendo en cuenta su situación, orientación, conductividad térmica de los materiales, etc.

Al realizar estos análisis energéticos con software específico para ello, el proyecto puede reducir significativamente su consumo de energía.

- BIM 7D, o Facility management, es la dimensión empleada para las operaciones de mantenimiento de las instalaciones durante la vida útil de los edificios ya que consiste en un modelo as-built de los mismos. Permite conocer el estado de las instalaciones, especificaciones sobre su mantenimiento, manuales de uso, fechas de garantía, etc.
- No obstante, se empieza a hablar de BIM 8D, 9D e incluso 10D ya que toda nueva información puede ser registrada y vinculada al modelo BIM.

BIM 5D: Gestión y Estimación 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.

Permite añadir datos acerca de las estimaciones precisas de costes en un modelo de información visual, sobre la base de este modelo de datos multidimensional, la quinta dimensión, hace posible un nivel de seguridad en términos de costo, diseño y programación que nunca antes se había visto en la industria de la construcción y lo hace en una etapa temprana del proceso.

CAPÍTULO II. METODOLOGÍA

2.1. Tipo de investigación

2.1.1. Según su finalidad.

Es descriptiva explicativa, porque se efectúa cuando se desea describir, en todos sus componentes principales una realidad, tiene relación causal; no sólo persigue describir o acercarse a un problema, sino que intenta encontrar las causas del mismo

2.1.2. Según su enfoque: Cuantitativa

Esta investigación es cuantitativa porque se puede analizar los resultados de cada uno de los métodos de forma numérica.

2.1.3. Según el tiempo que se desarrolla: Transversal

Esta investigación es transversal porque se da en un momento en el cual se desarrolla el diseño, cuando se hace los diseños correspondientes para determinar los resultados en el tiempo que se necesite. Es decir, en un tiempo definido

2.2. Población y muestra

2.2.1. Población

La población está representada por las edificaciones de 8 niveles en el Distrito de Trujillo, Provincia de Trujillo, Región La Libertad

2.2.2. Muestra

La muestra es por conveniencia no probabilística, ya que se selecciona un edificio de 8 niveles en el Distrito de Trujillo, Provincia de Trujillo por tener acceso a la información y estar diseñada con la vigente NTP.

2.3. Técnicas e instrumentos de recolección y análisis de datos

2.3.1. Para recolectar datos

La técnica de recolección de datos fue observación no experimental, mediante la observación del proyecto de estudio, se analizó sus características y ventajas de cada tipo de diseño sismo resistente; cuyos instrumentos fueron registrado mediante hojas de cálculo Excel y AutoCAD.

2.3.2. Para analizar información

El análisis de datos se realizó mediante las hojas de cálculos de los recursos y un cronograma de actividades para un procedimiento con computadora a través de softwares especializados en estructuras ETABS 2018 así como Revit para el modelamiento.

2.4. Procedimiento

Para fines y lograr evaluar el trabajo de investigación, se enfoca en 4 grandes partes.

La primera consiste en el análisis de la estructura convencional, es decir sin el sistema de aislamiento por la base, utilizando el Reglamento Nacional de Edificaciones y el código ACI 318-02, complementando con un programa de análisis y cálculo estructural.

La segunda es de analizar y diseñar diferentes alternativas de sistemas de aislamiento de la base seleccionando el más óptimo, comercial y adecuado para la estructura en su funcionamiento, como existen diferentes tipos se optó seleccionar tres de ellos, contando con las curvas representativas, curvas histeréticas, amortiguamiento, ecuaciones y otras de los sistemas escogidos

Para Los sistemas seleccionados son:

- Aislador elastomérico convencional (HDR)
- Aislador elastomérico con núcleo de plomo (LRB) y
- Péndulo friccional (FPS).

Para la investigación se seleccionó por Aislador elastomérico con núcleo de plomo (LRB)

Como tercera parte es el análisis integral del edificio aislado con el Reglamento Nacional de Edificaciones, y normas internacionales, con un detallado análisis al diseño de la estructura aislada aplicado al edificio.

Y la cuarta parte es la gestión y estimación de costos así como gastos del edificio a detalle aplicando BIM5D, dado Plan BIM Perú por Política de Inversiones utilizando Revit

CAPÍTULO III. RESULTADOS

3. Análisis sísmico de edificación por sistema convencional

Este análisis será realizado según las especificaciones de la norma técnica de diseño sismorresistente E0.30, por lo que se considerará la base de la edificación como fija y empotrada. A continuación, se muestra el desglose del análisis de la edificación de 8 pisos según la norma técnica E0.30.

3.1. Metrado de cargas

En este apartado se dará a conocer aquellas cargas que actúan en la edificación, ya sean del tipo muerta o viva. Cabe mencionar que según el uso que se le dé al piso se tendrá una carga viva correspondiente según las especificaciones de la norma técnica de cargas E0.20. Cabe mencionar que, para peso propio de elementos, estos serán calculados por el ETABS, pero el peso de ladrillo debe ser añadido como carga distribuida, así como carga por acabados y tabiques.

ANÁLISIS DE LADRILLO 15x30x30cm		
Peso Unid. Ladrillo=	7.8	kg
#Ladrillos en X (1m)	2.5	Unid.
#Ladrillos en Y (1m)	3.3333	Unid.
Unidades m2=	8.3333	Unid.

CM Ladrillos=	65	kg/m ²
---------------	----	-------------------

Tabla 1.- Detalles Estructurales.

CARGA MUERTA			
PESO PROPIO	(Propio del peso de elementos)		
CM			
Ladrillos de techo=	65	kg/m ²	
Acabados + Tabiques=	100	kg/m ²	
CM TOTAL=	165	kg/m ²	
CARGA VIVA (CV)			
CV 1ER PISO	400	kg/m ²	Restaurant
CV 2-7MO PISO	200	kg/m ²	Vivienda
CV 8VO PISO	100	kg/m ²	Techo

Tabla 2.- Cargas muertas y vivas de uso referencia Norma E.020 cargas.

3.2. Parámetros sísmicos y espectro de diseño

Se dará a conocer los parámetros sísmicos para el caso de estudio de la edificación según los valores que presenta la norma E0.30. A continuación, se presenta el desglose de los parámetros.

Factor de zona (Z)

Como se mencionó la edificación de análisis se encuentra en la ciudad de Trujillo de la provincia de Trujillo del departamento de La Libertad. Para conocer la zona sísmica, se recurrirá a los anexos de la norma E0.30, en los que se indica la Zona sísmica.

REGIÓN (DPTO.)	PROVINCIA	DISTRITO	ZONA SÍSMICA	ÁMBITO
LA LIBERTAD	OTUZCO	AGALLPAMPA	3	TODOS LOS DISTRITOS
		CHARAT		
		HUARANCHAL		
		LA CUESTA		
		MACHE		
		OTUZCO		
		PARANDAY		
		SALPO		
	CHEPÉN	SINSICAP	4	TODOS LOS DISTRITOS
		USQUIL		
		CHEPÉN		
	ASCOPE	PACANGA	4	TODOS LOS DISTRITOS
		PUEBLO NUEVO		
		ASCOPE		
		CASA GRANDE		
		CHICAMA		
		CHOCOPE		
		MAGDALENA DE CAO		
	PACASMAYO	PAIJAN	4	TODOS LOS DISTRITOS
		RÁZURI		
		SANTIAGO DE CAO		
		GUADALUPE		
		JEQUETEPEQUE		
	TRUJILLO	PACASMAYO	4	TODOS LOS DISTRITOS
		SAN JOSÉ		
		SAN PEDRO DE LLOC		
		EL PORVENIR		
		FLORENCIA DE MORA		
HUANCHACO				
LA ESPERANZA				
LAREDO				
MOCHE				
POROTO				
SALAVERRY				
VIRÚ	SIMBAL	4	TODOS LOS DISTRITOS	
	TRUJILLO			
	VICTOR LARCO HERRERA			
	CHAO	4	TODOS LOS DISTRITOS	
	GUADALUPITO VIRÚ			

ZONA		
■	4	0.45
■	3	0.35
■	2	0.25
■	1	0.10

Zona 4 → Z = 0.45

Tabla 3.- Zona Sísmica- Norma E.030

Factor de uso (U)

Con el fin de conocer el uso de la edificación en la que hay salas de negocios, restaurantes y viviendas, se procedió a verificar la tabla 5 de la norma E0.30, por lo que la edificación encajo en la categoría C de edificaciones comunes, la cual posee un factor de uso $U=1$.

Tabla N° 5 CATEGORÍA DE LAS EDIFICACIONES Y FACTOR "U"		
CATEGORÍA	DESCRIPCIÓN	FACTOR U
A Edificaciones Esenciales	A1: Establecimientos del sector salud (públicos y privados) del segundo y tercer nivel, según lo normado por el Ministerio de Salud.	Ver nota 1
	A2: Edificaciones esenciales para el manejo de las emergencias, el funcionamiento del gobierno y en general aquellas edificaciones que puedan servir de refugio después de un desastre. Se incluyen las siguientes edificaciones: <ul style="list-style-type: none"> - Establecimientos de salud no comprendidos en la categoría A1. - Puertos, aeropuertos, estaciones ferroviarias de pasajeros, sistemas masivos de transporte, locales municipales, centrales de comunicaciones. - Estaciones de bomberos, cuarteles de las fuerzas armadas y policía. - Instalaciones de generación y transformación de electricidad, reservorios y plantas de tratamiento de agua. - Instituciones educativas, institutos superiores tecnológicos y universidades. - Edificaciones cuyo colapso puede representar un riesgo adicional, tales como grandes hornos, fábricas y depósitos de materiales inflamables o tóxicos. - Edificios que almacenen archivos e información esencial del Estado. 	1,5
B Edificaciones Importantes	Edificaciones donde se reúnen gran cantidad de personas tales como cines, teatros, estadios, coliseos, centros comerciales, terminales de buses de pasajeros, establecimientos penitenciarios, o que guardan patrimonios valiosos como museos y bibliotecas. También se consideran depósitos de granos y otros almacenes importantes para el abastecimiento.	1,3
C Edificaciones Comunes	Edificaciones comunes tales como: viviendas, oficinas, hoteles, restaurantes, depósitos e instalaciones industriales cuya falla no acarree peligros adicionales de incendios o fugas de contaminantes.	1,0
D Edificaciones Temporales	Construcciones provisionales para depósitos, casetas y otras similares.	Ver nota 2

Categoría C (edificaciones comunes) → U = 1

Tabla 4.- Categoría de Edificaciones -Norma E.030

Factor de suelo (S)

Para conocer el factor de suelo es importante conocer la zona sísmica del caso de estudio, así como el tipo de suelo sobre el cual se ubica la edificación, para lo cual la norma E0.30 proporciona una serie de variables que permiten la clasificación de los tipos de suelos. Estas variables son Velocidad Promedio de

las ondas de corte, Promedio ponderado del ensayo estándar de penetración y el promedio ponderado de la resistencia al corte en la condición no drenada.

Se conoce que el edificio está ubicado en la ciudad de Trujillo, por lo que se procedió a buscar información del tipo de suelo de la ciudad de Trujillo de la cual se obtuvo resultados de perfiles de velocidad de ondas de corte obtenidos a partir del ensayo MASW. A continuación, se muestran los resultados de velocidades promedio a profundidades de 30m.

Ubicación	Vs promedio(m/s)
Calle Francisco Bolognesi	479
Prolongacion de la Av. Sanchez carrion y la Av. Pesquera	442
Interseccion de calles Mache y Agallpampa	438
Parque de la Navidad	485
Parque Maria parado de Bellido	474
Parque Tacna	505
Interseccion de calles Cueto Fernandini y Gil de Castro	423
Calle Alejandro Deustua	495
Plazuela Gonzales Prada	400
Urbanizacion Villa Santa Maria	360
Urbanizacion Villa del Contador	360
Parque Abelardo Quiñones	390

Tabla 5.- Ubicación promedio - Norma E.030

En base a esta información obtenida del estudio de microzonificación de la ciudad de Trujillo y a la tabla 2 de la norma E0.30, es posible determinar el tipo de suelo en la zona de estudio.

Perfil	V_s	\bar{N}_{60}	\bar{s}_u
S ₀	> 1500 m/s	-	-
S ₁	500 m/s a 1500 m/s	> 50	>100 kPa
S ₂	180 m/s a 500 m/s	15 a 50	50 kPa a 100 kPa
S ₃	< 180 m/s	< 15	25 kPa a 50 kPa
S ₄	Clasificación basada en el EMS		

Tabla 6.- Perfiles de Suelos- Norma E.030

Por tanto, se tendrá como suelo de la zona de estudio.

Perfil de Suelo → S2

Por tanto, en base a este tipo de perfil de suelo S2 y la zona sísmica del proyecto correspondiente a una zona 4, se procederá a determinar el factor del suelo S según la tabla 3 de la norma E0.30.

ZONA \ SUELO	S ₀	S ₁	S ₂	S ₃
Z ₄	0,80	1,00	1,05	1,10
Z ₃	0,80	1,00	1,15	1,20
Z ₂	0,80	1,00	1,20	1,40
Z ₁	0,80	1,00	1,80	2,00

Tabla 7.- Perfiles de Suelos- Norma E.030

$$S = 1.05$$

Factor de ductilidad (R)

El factor R depende fundamentalmente del tipo de sistema estructural con el que se cuente, porque según la definición de este y la tabla 7 de la norma E0.30, es posible la definición del valor de R₀, tanto para X e Y. Si se conoce que el sistema estructural basado en concreto armado para ambas direcciones corresponde a muros estructurales los cuales aportan una resistencia mayor al 70% de la fuerza cortante de la base, por lo que los factores de ductilidad para X e Y serán iguales a:

Tabla N° 7 SISTEMAS ESTRUCTURALES	
Sistema Estructural	Coefficiente Básico de Reducción R_s (*)
Acero:	
Pórticos Especiales Resistentes a Momentos (SMF)	8
Pórticos Intermedios Resistentes a Momentos (IMF)	5
Pórticos Ordinarios Resistentes a Momentos (OMF)	4
Pórticos Especiales Concéntricamente Arriostrados (SCBF)	7
Pórticos Ordinarios Concéntricamente Arriostrados (OCBF)	4
Pórticos Excéntricamente Arriostrados (EBF)	8
Concreto Armado:	
Pórticos	8
Dual	7
De muros estructurales	6
Muros de ductilidad limitada	4
Albañilería Armada o Confinada	3
Madera	7(**)

Tabla 8.- Sistemas Estructurales- Norma E.030

$$R_{0x} = 6$$

$$R_{0y} = 6$$

Cabe mencionar este es análisis sísmico según la norma E0.30 consiste en un proceso iterativo, por lo que en base a una serie de procesos realizados en paralelo se obtuvo las siguientes irregularidades que serán mostradas en apartados más adelante.

$$I_a = 1, \text{ No presenta irregularidad}$$

$$I_p = 0.75, \text{ irregularidad torsional en planta}$$

Por tanto, el factor de ductilidad (R), se determinará en base a la multiplicación de R_0 y los coeficientes de irregularidades I_a e I_p .

$$R_x = R_{0x} * I_a * I_p = 6 * 1 * 0.75 = 4.5$$

$$R_y = R_{0y} * I_a * I_p = 6 * 1 * 0.75 = 4.5$$

Espectros de diseño sísmico para direcciones X e Y

Esta función de espectro de diseño permitirá determinar los valores de C correspondientes para un análisis dinámico en el ETABS, por lo que es importante definirlo para ambas direcciones de análisis, lo cual es mostrado a continuación

PARAMETROS SÍSMICOS		
FACTOR DE ZONA		
ZONA:	Z4	ZONA 4 TRUJILLO
Z=	0.45	
FACTOR DE SUELOS		
Tipo de suelo:	S2	Suelos intermedios
S=	1.05	
Tp=	0.6	
TL=	2	
FACTOR DE USO		
U=	1	Edificacion comun
FACTOR DE DUCTILIDAD		
Rx=	6.00	De muros estructurales de concreto
Ry=	6.00	De muros estructurales de concreto
IRREGULARIDAD		
Irregularidad estructural en altura		
	Regular	
Ia=	1.00	
Irregularidad estructural en planta		
	Irregularidad Torsional	
Ip=	0.75	
COEFICIENTE DE REDUCCIÓN DE LAS FUERZAS SÍSMICAS		
Rdx=	4.50	
Rdy=	4.50	

Tabla 9.- Parámetros Sísmicos- Norma E.030

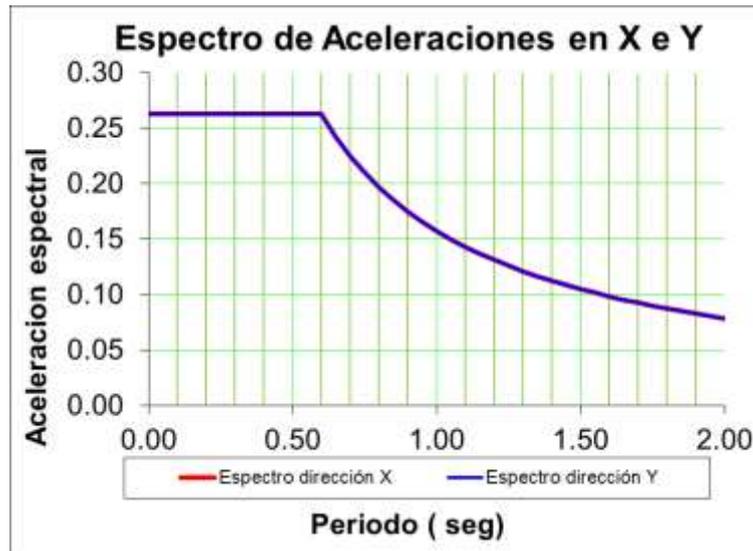


Tabla 10.- Espectro de aceleraciones- Norma E.030

3.3. Cortante basal sísmica y verificación

En base al artículo 29 de la norma E0.30, se mencionará que en cada una de las direcciones de análisis considera la fuerza cortante en el primer entrepiso determinado por análisis dinámico modal espectral no puede ser menor que el 80% de la fuerza cortante en el primer entrepiso según el método estático en el caso de estructuras regulares, ni menor que el 90% para el caso de estructuras irregulares. Como ya se ha podido evidenciar la edificación es irregular por lo que la verificación se hará con respecto al 90% de la fuerza cortante del primer entrepiso por método estático.

Si se conoce los parámetros sísmicos, que son los siguientes para ambas direcciones.

DIRECCION "X" E "Y"	
PARAMETRO	VALOR
Z=	0.45
U=	1
S=	1.05
Rx=	4.5
Ry=	4.5

Tabla 11.- Parámetros Valor - Norma E.030

Además, de estos valores es importante conocer el peso sísmico, el cual según las especificaciones del artículo 26 de la norma E0.30, está dado por 100 de carga muerta permanente y un 25% de carga viva, que con ayuda del ETABS se obtuvo el siguiente resumen de peso sísmico total, así como la ubicación de su centro de masa.

Piso	Masa (Tn s2/m)	Centro de masa	
		X (m)	Y(m)
Story8	15.56	4.1339	8.9794
Story7	20.63	4.3232	8.9094
Story6	20.63	4.3232	8.9094
Story5	20.63	4.3232	8.9094
Story4	20.63	4.3232	8.9094
Story3	20.63	4.3232	8.9094
Story2	20.63	4.3232	8.9094
Story1	22.75	4.3527	8.9103
Total	162.12	Tn s2 /m	
	1588.74	tonf	

Tabla 12.- Centro de Masa - Norma E.030

Así mismo, es de importancia determinar el factor de amplificación sísmica (C) tanto para la dirección X como para la dirección Y, por lo que se seguirán las directrices del artículo 28.4 para determinar el periodo fundamental de vibración para la edificación.

ANALISIS EN DIRECCIONES "X" E "Y"		
Ct=	60	Muro estructural
hn=	23.3	m
$T = \frac{h_n}{C_t} =$	0.3883	S

Tabla 13.- Muro Estructural - Norma E.030

Si se conoce que el tipo de suelo sobre el cual se cimentara la edificación es del tipo S2, por lo que según la tabla 4 de la norma E0.30 se tiene los siguientes valores de Tp y TL, con los cuales se podrá determinar los valores de Cx y Cy para determinar la cortante sísmica en cada dirección por método estático.

Tabla N° 4 PERÍODOS "Tp" Y "TL"				
	Perfil de suelo			
	S0	S1	S2	S3
Tp (s)	0,3	0,4	0,6	1,0
Tl (s)	3,0	2,5	2,0	1,6

Tabla 14.- Periodos - Norma E.030

$$T_p = 0.6 \text{ s}$$

$$T_L = 2.0 \text{ s}$$

Si el periodo de vibración de la edificación para ambas direcciones se estimó como T=0.388s, por lo que los valores Cx y Cy adoptaran los siguientes valores según las expresiones del artículo 14.

$$T = 0.388 < T_p = 0.6 \rightarrow C_x = 2.5$$

$$T = 0.388 < T_p = 0.6 \rightarrow C_y = 2.5$$

Por tanto, ya que se cuenta con los parámetros sísmicos necesarios para el cálculo de la fuerza cortante basal según el método estático, se procede a calcular dichas cortantes en la base según el artículo 28 de la norma E0.30, así como determinar el 90% de las mismas a fin de comparar dicho valor con el que proporciona el ETABS por el análisis dinámico modal espectral.

$$V_{basal} = \frac{Z \cdot U \cdot C \cdot S}{R} * P$$

Dir	Z	U	C	S	R	P (Tn)	V(tn)	0.9V(Tn)
X	0.45	1	2.50	1.05	4.50	1,588.74	417.045	375.34
Y	0.45	1	2.50	1.05	4.50	1,588.74	417.045	375.34

Tabla 15.- Fuerza Cortante Basal - Norma E.030

En base al análisis dinámico modal espectral realizado por el ETABS obtenidos por los espectros de diseño para ambas direcciones de análisis definidos en el software, lo que da como resultado los siguientes cortantes en el primer entrepiso.

	Vx (tonf)	Vy (tonf)
Sismo X-X	352.7585	66.2298
Sismo Y-Y	66.2298	359.9348

Tabla 16.- Cortante Piso 1 - Norma E.030

Por tanto, se tendrá que hacer el análisis de verificación del cumplimiento del mínimo de 90% del valor que se obtiene por el método estático y de no ser así se aplicara factores de amplificación por colocar en el ETABS a fin de cumplir con dicha condición.

CORTANTE X		
0.9 Cortante estatico:	375.34	Tn
Cortante espectral:	352.76	Tn
FACTOR AMPLIFICACION	1.064	
Amplificar Espectral		

Tabla 17.- Fuerza Cortante X - Norma E.030

CORTANTE Y		
0.9 Cortante estatico:	375.34	tn
Cortante espectral:	359.93	Tn
FACTOR AMPLIFICACION	1.043	
Amplificar Espectral		

Tabla 18.- Fuerza Cortante Y - Norma E.030

3.4. Análisis de Irregularidades en Altura

El análisis de irregularidades consiste en un proceso iterativo que permite definir que en base a los cambios que se vaya realizando en los parámetros sísmicos, estos no cambien, por lo que a continuación se dará a conocer el análisis de aquellos tipos de irregularidades de la tabla 8 del artículo 20 de la norma E0.30 que puedan existir en la edificación del caso de estudio.

3.4.1. Irregularidad de Rigidez – Piso blando

Se produce cuando para la dirección la rigidez lateral del entrepiso es menor que el 70% de la rigidez lateral del entrepiso inmediato superior o es menor al 80% de la rigidez lateral promedio de los 3 niveles superiores adyacentes. En base a esto se procede a realizar el análisis para ambas direcciones con las rigideces proporcionadas por el ETABS

ANALISIS DE IRREGULARIDAD POR RIGIDEZ EN X-X					
Piso	Hi	k (tonf/m)	PROMEDIO 3 PISOS SUPERIORES	$k_i > 0.7 (k_{i+1})$	$k_i > 0.8$ (Promedio de k en 3 pisos superiores)
8	280	29604.448			
7	280	57565.279		NO IRREGULARIDAD	
6	280	78300.831		NO IRREGULARIDAD	
5	280	96645.284	55156.853	NO IRREGULARIDAD	NO IRREGULARIDAD
4	280	116921.43	77503.798	NO IRREGULARIDAD	NO IRREGULARIDAD
3	370	145318.061	97289.182	NO IRREGULARIDAD	NO IRREGULARIDAD
2	0	196222.287	119628.258	NO IRREGULARIDAD	NO IRREGULARIDAD
1	0	320195.146	152820.593	NO IRREGULARIDAD	NO IRREGULARIDAD
CONDICION FINAL				NO IRREGULARIDAD	NO IRREGULARIDAD

Tabla 19.- Irregularidad por Rigidez XX - Norma E.030

ANALISIS DE IRREGULARIDAD POR RIGIDEZ EN Y-Y					
Piso	Hi	k (tonf/m)	PROMEDIO 3 PISOS SUPERIORES	$k_i > 0.7 (k_{i+1})$	$k_i > 0.8$ (Promedio de k en 3 pisos superiores)
8	280	22810.727			
7	280	42142.561		NO IRREGULARIDAD	
6	280	54635.969		NO IRREGULARIDAD	
5	280	64615.365	39863.086	NO IRREGULARIDAD	NO IRREGULARIDAD
4	280	74621.667	53797.965	NO IRREGULARIDAD	NO IRREGULARIDAD
3	370	87479.26	64624.334	NO IRREGULARIDAD	NO IRREGULARIDAD
2	0	109518.551	75572.097	NO IRREGULARIDAD	NO IRREGULARIDAD
1	0	175279.087	90539.826	NO IRREGULARIDAD	NO IRREGULARIDAD
CONDICION FINAL				NO IRREGULARIDAD	NO IRREGULARIDAD

Tabla 20.- Irregularidad por Rigidez YY - Norma E.030

3.4.2. Irregularidad Extrema de Rigidez

Se produce cuando para la dirección la rigidez lateral del entrepiso es menor que el 60% de la rigidez lateral del entrepiso inmediato superior o es menor al 70% de la rigidez lateral promedio de los 3 niveles superiores adyacentes. En base a esto se procede a realizar el análisis para ambas direcciones con las rigideces proporcionadas por el ETABS.

ANALISIS DE IRREGULARIDAD EXTREMA DE RIGIDEZ EN X-X					
Piso	Hi	k (tonf/m)	PROMEDIO 3 PISOS SUPERIORES	$k_i > 0.6 (k_{i+1})$	$k_i > 0.7$ (Promedio de k en 3 pisos superiores)
8	280	29604.448			
7	280	57565.279		NO IRREGULARIDAD	
6	280	78300.831		NO IRREGULARIDAD	
5	280	96645.284	55156.853	NO IRREGULARIDAD	NO IRREGULARIDAD
4	280	116921.43	77503.798	NO IRREGULARIDAD	NO IRREGULARIDAD
3	280	145318.061	97289.182	NO IRREGULARIDAD	NO IRREGULARIDAD
2	280	196222.287	119628.258	NO IRREGULARIDAD	NO IRREGULARIDAD
1	370	320195.146	152820.593	NO IRREGULARIDAD	NO IRREGULARIDAD
CONDICION FINAL				NO IRREGULARIDAD	NO IRREGULARIDAD

Tabla 21.- Irregularidad Extrema por Rigidez XX - Norma E.030

ANALISIS DE IRREGULARIDAD EXTREMA DE RIGIDEZ EN Y-Y					
Piso	Hi	k (tonf/m)	PROMEDIO 3 PISOS SUPERIORES	$k_i > 0.6 (k_{i+1})$	$k_i > 0.7$ (Promedio de k en 3 pisos superiores)
8	280	22810.727			
7	280	42142.561		NO IRREGULARIDAD	
6	280	54635.969		NO IRREGULARIDAD	
5	280	64615.365	39863.086	NO IRREGULARIDAD	NO IRREGULARIDAD
4	280	74621.667	53797.965	NO IRREGULARIDAD	NO IRREGULARIDAD
3	280	87479.26	64624.334	NO IRREGULARIDAD	NO IRREGULARIDAD
2	280	109518.551	75572.097	NO IRREGULARIDAD	NO IRREGULARIDAD
1	370	175279.087	90539.826	NO IRREGULARIDAD	NO IRREGULARIDAD
CONDICION FINAL				NO IRREGULARIDAD	NO IRREGULARIDAD

Tabla 22.- Irregularidad Extrema por Rigidez YY - Norma E.030

3.4.3. Irregularidad de Masa o Peso

Se tiene esta irregularidad cuando el peso de un piso determinado es mayor que 1.5 veces el peso de un piso adyacente. Por lo que en base a los datos proporcionados por el ETABS se realizara dicho análisis.

IRREGULARIDAD DE MASA EN "X" E "Y"			
Piso	Masa (Tn s2/m)	$M_i > 1.5 M_{i+1}$	$M_i > 1.5 M_{i-1}$
8	15.56		NO IRREGULARIDAD
7	20.63	NO IRREGULARIDAD	NO IRREGULARIDAD
6	20.63	NO IRREGULARIDAD	NO IRREGULARIDAD
5	20.63	NO IRREGULARIDAD	NO IRREGULARIDAD
4	20.63	NO IRREGULARIDAD	NO IRREGULARIDAD
3	20.63	NO IRREGULARIDAD	NO IRREGULARIDAD
2	20.63	NO IRREGULARIDAD	NO IRREGULARIDAD
1	22.75	NO IRREGULARIDAD	
CONDICION FINAL		NO IRREGULARIDAD	NO IRREGULARIDAD

Tabla 23.- Irregularidad de Masa X -Y - Norma E.030

3.4.4. Irregularidad Geométrica vertical

Se genera cuando en cualquiera de las direcciones de análisis la estructura resistente de cargas laterales es mayor que 1.3 veces la correspondiente dimensión del piso adyacente, por lo que según la geometría de la edificación se analizara.

IRREGULARIDAD GEOMETRICA VERTICAL EN "X" E "Y"			
Piso	Lx	Ly	$D_i > 1.3 D_{i+1}$
8	7.575	20.575	
7	7.575	20.575	NO IRREGULARIDAD
6	7.575	20.575	NO IRREGULARIDAD
5	7.575	20.575	NO IRREGULARIDAD
4	7.575	20.575	NO IRREGULARIDAD
3	7.575	20.575	NO IRREGULARIDAD
2	7.575	20.575	NO IRREGULARIDAD
1	6.875	19.875	NO IRREGULARIDAD
CONDICION FINAL			NO IRREGULARIDAD

Tabla 24.- Irregularidad Geométrica Vertical X -Y - Norma E.030

Por tanto, después de haber realizado el análisis de las posibles irregularidades en altura para ambas direcciones se ha llegado a la conclusión de

que no existen irregularidades en altura, por lo que los coeficientes “Ia” para ambas direcciones serán iguales a la unidad, tal como se muestra a continuación.

$$I_{ax} = I_{ay} = 1$$

3.5. Análisis De Irregularidades En Planta

El análisis de irregularidades consiste en un proceso iterativo que permite definir que en base a los cambios que se vaya realizando en los parámetros sísmicos, estos no cambien, por lo que a continuación se dará a conocer el análisis de aquellos las irregularidades torsional y torsional extrema de la tabla 9 del artículo 20 de la norma E0.30, ya que son las únicas que según las descripciones de las normas pueden presentarse. Cabe mencionar que dicho análisis se realizara por direcciones de análisis.

3.6. Irregularidad de torsional y torsional extrema en dirección X-X

Esta irregularidad torsional existe cuando el máximo desplazamiento relativo de entrepiso en un extremo del edificio en la dirección de análisis es mayor que 1.3 veces el desplazamiento relativo promedio de los extremos del mismo entrepiso. Así mismo la irregularidad torsional extrema se produce cuando dicho desplazamiento máximo relativo del entrepiso es mayor a 1.5 veces el desplazamiento relativo promedio de los extremos del mismo entrepiso. Cabe mencionar que estos criterios de irregularidad solo se aplican en aquellos edificios donde el máximo desplazamiento relativo de entrepiso es mayor que el 50% del desplazamiento permisible. Este desplazamiento permisible es determinado en base a la tabla 11 la norma, por lo que este tendrá un valor de 0.007h. Así mismo, los desplazamientos utilizados para este análisis están

afectados por el factor 0.85R correspondiente a estructuras irregulares según lo
especifica el artículo 31 de la norma E0.30

VERIFICACION DE LA APLICACIÓN PARA DIRECCION X-X						
Piso	hei	d	d	$\Delta_{m\acute{a}x}$	$\Delta_{permisible} = 0.007h_{ei}$	$\Delta_{m\acute{a}x} > 50\% \Delta_{permisible}$
		(Del analisis)	(Corregido)			
8	280	2.518	9.631	1.385	1.96000	APLICA
7	280	2.156	8.246	1.441	1.96000	APLICA
6	280	1.779	6.805	1.454	1.96000	APLICA
5	280	1.399	5.350	1.424	1.96000	APLICA
4	280	1.027	3.927	1.328	1.96000	APLICA
3	280	0.679	2.598	1.154	1.96000	APLICA
2	280	0.378	1.444	0.877	1.96000	NO APLICA
1	370	0.148	0.567	0.567	2.59000	NO APLICA

Tabla 25.- Verificación Dirección X -X - Norma E.030

Pto1 extremo			Pto2 extremo			Pto 3 extremo			Pto4 extremo			Δ_{prom}
d	d	Dc										
(Del analisis)	(Corregido)		(Del analisis)	(Corregido)		(Del analisis)	(Corregido)		(Del analisis)	(Corregido)		
2.465	9.430	1.359	2.518	9.630	1.386	1.469	5.620	0.738	1.469	5.620	0.738	1.055
2.110	8.071	1.408	2.155	8.244	1.441	1.276	4.882	0.788	1.276	4.882	0.788	1.106
1.742	6.664	1.422	1.779	6.803	1.454	1.070	4.094	0.819	1.070	4.094	0.819	1.128
1.370	5.242	1.394	1.399	5.349	1.423	0.856	3.275	0.827	0.856	3.275	0.827	1.118
1.006	3.848	1.302	1.026	3.926	1.328	0.640	2.448	0.796	0.640	2.448	0.796	1.056
0.666	2.546	1.132	0.679	2.598	1.154	0.432	1.651	0.715	0.432	1.651	0.715	0.929
0.370	1.414	0.879	0.378	1.444	0.887	0.245	0.936	0.578	0.245	0.936	0.578	0.731
0.140	0.535	0.535	0.146	0.557	0.557	0.094	0.358	0.358	0.094	0.358	0.358	0.452

Tabla 26.- Verificación Dirección Y -Y - Norma E.030

IRREGULARIDAD			
Δ_{prom}	TORSIONAL		TORSIONAL EXTREMA
	$\Delta_{m\acute{a}x} > 1.3\Delta_{prom}$		$\Delta_{m\acute{a}x} > 1.5\Delta_{prom}$
1.055	IRREGULARIDAD	1.31	NO IRREGULARIDAD
1.106	IRREGULARIDAD	1.30	NO IRREGULARIDAD
1.128	NO IRREGULARIDAD	1.29	NO IRREGULARIDAD
1.118	NO IRREGULARIDAD	1.27	NO IRREGULARIDAD
1.056	NO IRREGULARIDAD	1.26	NO IRREGULARIDAD
0.929	NO IRREGULARIDAD	1.24	NO IRREGULARIDAD
0.731	NO IRREGULARIDAD	1.20	NO IRREGULARIDAD
0.452	NO IRREGULARIDAD	1.25	NO IRREGULARIDAD
CONDICION	IRREGULARIDAD	CONDICION	NO IRREGULARIDAD

Tabla 27.- Irregularidad Torsional - Norma E.030

Por tanto, se puede apreciar que existe irregularidad torsional para el análisis del sismo en la dirección X-X, lo que da como resultado un $I_p=0.75$.

$$I_{px} = 0.75$$

3.7. Irregularidad de torsional y torsional extrema en dirección Y-Y

Esta irregularidad torsional existe cuando el máximo desplazamiento relativo de entrepiso en un extremo del edificio en la dirección de análisis es mayor que 1.3 veces el desplazamiento relativo promedio de los extremos del mismo entrepiso. Así mismo la irregularidad torsional extrema se produce cuando dicho desplazamiento máximo relativo del entrepiso es mayor a 1.5 veces el desplazamiento relativo promedio de los extremos del mismo entrepiso. Cabe mencionar que estos criterios de irregularidad solo se aplican en aquellos edificios donde el máximo desplazamiento relativo de entrepiso es mayor que el 50% del desplazamiento permisible. Este desplazamiento permisible es determinado en base a la tabla 11 la norma, por lo que este tendrá un valor de 0.007h. Así mismo, los desplazamientos utilizados para este análisis están

afectados por el factor 0.85R correspondiente a estructuras irregulares según lo
especifica el artículo 31 de la norma E0.30

VERIFICACION DE LA APLICACIÓN PARA DIRECCION Y-Y						
Piso	hei	d	d	$\Delta_{m\acute{a}x}$	$\Delta_{permisible} = 0.007h_{ei}$	$\Delta_{m\acute{a}x} > 50\% \Delta_{permisible}$
		(Del analisis)	(Corregido)			
8	280	3.205	12.259	1.372	1.96000	APLICA
7	280	2.846	10.886	1.561	1.96000	APLICA
6	280	2.438	9.325	1.705	1.96000	APLICA
5	280	1.992	7.620	1.790	1.96000	APLICA
4	280	1.524	5.830	1.791	1.96000	APLICA
3	280	1.056	4.039	1.679	1.96000	APLICA
2	280	0.617	2.360	1.445	1.96000	APLICA
1	370	0.239	0.916	0.916	2.59000	NO APLICA

Tabla 28.- Verificación Irregularidad Torsional Y -Y - Norma E.030

Pto1 extremo			Pto2 extremo			Pto 3 extremo			Pto4 extremo			Δ_{prom}
d	d	Dc										
(Del analisis)	(Corregido)		(Del analisis)	(Corregido)		(Del analisis)	(Corregido)		(Del analisis)	(Corregido)		
2.513	9.613	1.061	2.995	11.456	1.228	2.513	9.613	1.061	3.204	12.256	1.375	1.181
2.236	8.552	1.218	2.674	10.228	1.469	2.236	8.552	1.218	2.845	10.881	1.562	1.367
1.917	7.334	1.331	2.290	8.759	1.598	1.917	7.334	1.331	2.437	9.320	1.704	1.491
1.569	6.003	1.398	1.872	7.162	1.676	1.569	6.003	1.398	1.991	7.616	1.790	1.566
1.204	4.605	1.400	1.434	5.485	1.677	1.204	4.605	1.400	1.523	5.826	1.790	1.567
0.838	3.205	1.317	0.996	3.808	1.576	0.838	3.205	1.317	1.055	4.036	1.679	1.472
0.493	1.887	1.145	0.584	2.232	1.339	0.493	1.887	1.145	0.616	2.357	1.441	1.268
0.194	0.742	0.742	0.234	0.894	0.894	0.194	0.742	0.742	0.239	0.916	0.916	0.823

Tabla 29.- Verificación Irregularidad Torsional Extremo - Norma E.030

IRREGULARIDAD			
Δ_{prom}	TORSIONAL		TORSIONAL EXTREMA
	$\Delta_{m\acute{a}x} > 1.3\Delta_{prom}$		$\Delta_{m\acute{a}x} > 1.5\Delta_{prom}$
1.181	NO IRREGULARIDAD	1.16	NO IRREGULARIDAD
1.367	NO IRREGULARIDAD	1.14	NO IRREGULARIDAD
1.491	NO IRREGULARIDAD	1.14	NO IRREGULARIDAD
1.566	NO IRREGULARIDAD	1.14	NO IRREGULARIDAD
1.567	NO IRREGULARIDAD	1.14	NO IRREGULARIDAD
1.472	NO IRREGULARIDAD	1.14	NO IRREGULARIDAD
1.268	NO IRREGULARIDAD	1.14	NO IRREGULARIDAD
0.823	NO IRREGULARIDAD	1.11	NO IRREGULARIDAD
CONDICION	NO IRREGULARIDAD	CONDICION	NO IRREGULARIDAD

Tabla 30.- Verificación Irregularidad Torsional Extrema - Norma E.030

Por tanto, se puede apreciar que no existe irregularidad torsional ni torsional extrema para el análisis del sismo en la dirección Y-Y, lo que da como resultado un $I_p=1$.

$$I_{py} = 1$$

Finalmente, como se sabe el sismo puede llegar en cualquiera de las direcciones por lo que al haber irregularidad torsional en planta en una dirección implica considera dicha irregularidad en ambas direcciones.

$$I_{px} = I_{py} = 0.75$$

3.8. Desplazamientos y distorsiones

El análisis de desplazamientos y distorsiones se realiza en base a los desplazamientos laterales calculados a partir del análisis elástico que realiza el ETABS, por lo que la norma E0.30 en su artículo 31, menciona que dichos valores de desplazamiento obtenidos por análisis elástico sean multiplicados por un factor de 0.85R para edificaciones irregulares con el fin obtener las reales solicitaciones sísmicas para desplazamiento.

El control de desplazamientos se hace según el artículo 32 de la norma E.030, la cual nos proporciona el máximo desplazamiento relativo del piso en base al valor de distorsión del entrepiso que se calcula como la división entre el desplazamiento relativo del entrepiso y su altura respectiva.

Material Predominante	(Δ_i / h_{ei})
Concreto Armado	0,007
Acero	0,010
Albañilería	0,005
Madera	0,010
Edificios de concreto armado con muros de ductilidad limitada	0,005

Nota: Los límites de la distorsión (deriva) para estructuras de uso industrial son establecidos por el proyectista, pero en ningún caso exceden el doble de los valores de esta Tabla.

Tabla 31.- Distorsión del entrepiso - Norma E.030

Si se conoce que la edificación está hecha en base a concreto armado, entonces se tendrá un límite para distorsión del entrepiso igual a 0.007. A continuación, se muestra el análisis realizado para ambas direcciones de análisis con los valores de obtenidos del ETABS y afectados por el factor 0.85R.

Eje X-X						
R=		4.50		D/hi (Max) =		0.007
Piso	Hi	d (Del analisis)	d (Corregido)	D	D/hi	$\frac{\Delta}{h_i} < 0.007$
8	280	2.518	9.631	1.385	0.00495	OK
7	280	2.1558	8.246	1.441	0.00515	OK
6	280	1.779	6.805	1.454	0.00519	OK
5	280	1.3988	5.350	1.424	0.00508	OK
4	280	1.0266	3.927	1.328	0.00474	OK
3	280	0.6793	2.598	1.154	0.00412	OK
2	280	0.3775	1.444	0.877	0.00313	OK
1	370	0.1482	0.567	0.567	0.00153	OK

Tabla 32.- Distorsión del entrepiso XX - Norma E.030

Eje Y-Y						
R=		4.50		D/hi (Max) =		0.007
Piso	Hi	d (Del analisis)	d (Corregido)	D	D/hi	$\frac{\Delta}{h_i} < 0.007$
8	280	3.2049	12.259	1.372	0.00490	OK
7	280	2.8461	10.886	1.561	0.00558	OK
6	280	2.4379	9.325	1.705	0.00609	OK
5	280	1.9921	7.620	1.790	0.00639	OK
4	280	1.5242	5.830	1.791	0.00640	OK
3	280	1.056	4.039	1.679	0.00600	OK
2	280	0.6171	2.360	1.445	0.00516	OK
1	370	0.2394	0.916	0.916	0.00247	OK

Tabla 33.- Distorsión del entrepiso YY - Norma E.030

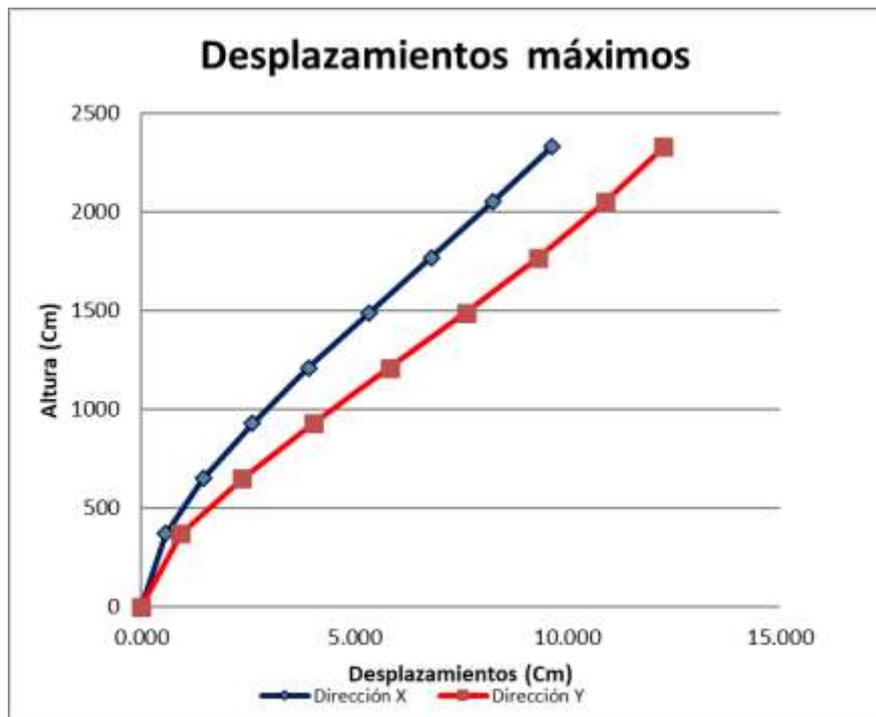


Tabla 34.- Distorsión del Maxima XX - Norma E.030

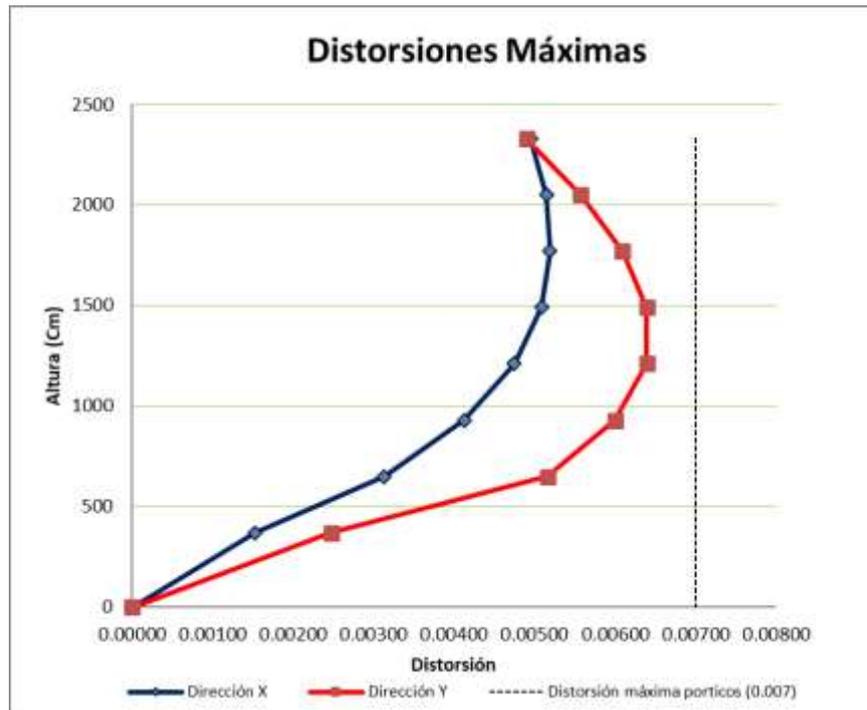


Tabla 35.- Distorsión del entrepiso YY - Norma E.030

Por tanto, como se ha podido observar para cada una de las direcciones de análisis “X” e “Y”, se cumple con el límite de deformación y derivas que presenta la norma E0.30.

4. Diseño De Aislador Elastomérico Con Núcleo De Plomo (LRB)

En este apartado se dará a conocer el análisis realizado para la determinación de las propiedades del aislador elastómero con núcleo de plomo. Cabe mencionar que para dicho análisis se sigue una serie de pasos hasta obtener los parámetros de resistencia y amortiguación por modelar en el ETABS. A continuación, se muestra dicho procedimiento de cálculo.

4.1. Metrado de cargas

En este apartado se dará a conocer las cargas muertas y vivas que actuarán en cada uno de los niveles de la edificación, según las especificaciones de la norma técnica de cargas E0.20.

ANÁLISIS DE LADRILLO 15x30x30cm		
Peso Unid. Ladrillo=	7.8	kg
#Ladrillos en X (1m)	2.5	Unid.
#Ladrillos en Y (1m)	3.3333	Unid.
Unidades m2=	8.3333	Unid.

CM Ladrillos=	65	kg/m2
---------------	----	-------

METRADO			
CARGA MUERTA			
PESO PROPIO	(Propio del peso de elementos)		
CM			
Ladrillos de techo=	65	kg/m2	
Acabados + Tabiques=	100	kg/m2	
CM TOTAL=	165	kg/m2	
CARGA VIVA (CV)			
CV 1ER PISO	400	kg/m2	RESTAURANT
CV 2-7MO PISO	200	kg/m2	VIVIENDA
CV 8VO PISO	100	kg/m2	TECHO
CV BASE	250	kg/m2	OFICINAS

Tabla 36.- Metrado de Cargas Aislador - Norma E.031

4.2. Parámetros Sísmicos De Diseño

En este apartado se dará a conocer la aceleración espectral de diseño s_{d1} y la aceleración espectral máxima considerada s_{m1} , las cuales se calcula a partir de los factores de zona sísmica (z), tipo de suelo (s), importancia (u) y el factor de amplificación sísmica (c).

$$s_{d1} = Z_{dbe} \mathbf{UCS}$$

$$s_{m1} = Z_{mce} \mathbf{UCS}$$

Donde se sabe que el factor z_{dbe} es el correspondiente al sismo de diseño, mientras que el valor de z_{mce} corresponde al valor utilizado para un sismo

máximo considerado, por lo que usualmente no se considera menor que 1.5 veces el sismo de diseño, por tanto, se tendrá que

$$s_{m1} = s_{d1} * 1.5$$

Dado

$$s_{d1} = z_{dbe} UCS$$

$$s_{m1} = z_{mce} UCS$$

Además, debido al análisis convencional se conoce el valor del resto de los parámetros sísmicos, pero el valor de c se calcular para un periodo de 1s, por lo que al tener un suelo del perfil este coeficiente de amplificación sísmica (c) toma el valor de 1.5. a continuación se muestra el resumen de parámetros, así como el valor de sm1 que servirá para realizar el diseño.

Parámetros	
Z=	0.45
U=	1
C=	1.5
S=	1.05
sm1=	1.063

Tabla 37.- Parámetros Aislador - Norma E.031

4.3. Establecimiento De Datos Objetivos

En este apartado se dará a conocer el periodo objetivo en el máximo desplazamiento t_m , el cual suele ubicarse en el rango de 2 a 3s y de la misma forma como dato objetivo se establece un amortiguamiento efectivo inicial del sistema de 15% con el cual se puede determinar el coeficiente de amortiguamiento usando la expresión que se puede visualizar en la siguiente

tabla resumen en la que se muestra dicho valor y el periodo objetivo planteado de 2s.

DATOS DE ENTRADA OBJETIVO		
Tm=	2	s
β_{meff} =	15%	
$B_m = \frac{1}{0.25 \times [1 - \ln(\beta_{meff})]}$		
Bm=	1.381	

Tabla 38.- Datos Aislador - Norma E.031

4.4. Determinación De Desplazamiento Máximo “Dm”

En este apartado se dará a conocer el cálculo del desplazamiento máximo “dm”, el cual se determina en base al valor de sm1 previamente cálculo, así como en base a los valores objetivo de tm y bm previamente calculados. Para la determinación de este valor se usa la expresión que se muestra a continuación donde g es la aceleración de la gravedad.

Determinacion de Dm		
$D_m = \frac{g S m_1 T_m}{4\pi^2 B_m}$		
g=	9.81	m/s
sm1=	1.063	
Dm=	0.383	m

Tabla 39.- Desplazamiento máximo - Norma E.031

4.5. Determinación de desplazamiento máximo total “dmt”

En este apartado se dará a conocer el cálculo del desplazamiento máximo total “dmt”, el cual se determina según la siguiente expresión.

$$D_{tm} = D_m \left(1 + \frac{12ye}{b^2 + d^2} \right)$$

Donde:

Y= distancia entre el cr del sistema de aisladores y el aislador más alejado medido perpendicularmente a la dirección del sismo.

B= dimensión corta en planta de la estructura

D= dimensión más larga en planta de la estructura

E= excentricidad total

Por tanto, en base al centro de rigidez y centro de gravedad proporcionados por el ETABS, se procede a determinar los valores de dtm para ambas direcciones de análisis.

Story	XCCM	YCCM	XCR	YCR	ex	ey
	m	m	m	m	m	m
Story1	4.3527	8.9103	4.2415	9.4696	0.1112	0.5593
Story2	4.3232	8.9094	4.2923	9.4742	0.0309	0.5648
Story3	4.3232	8.9094	4.3647	9.4722	0.0415	0.5628
Story4	4.3232	8.9094	4.4542	9.458	0.131	0.5486
Story5	4.3232	8.9094	4.5561	9.4288	0.2329	0.5194
Story6	4.3232	8.9094	4.6676	9.3835	0.3444	0.4741
Story7	4.3232	8.9094	4.7889	9.322	0.4657	0.4126
Story8	4.1339	8.9794	4.9222	9.2481	0.7883	0.2687

Direccion x		Direccion y	
y=	11.1054 m	y=	3.3335 m
e=	1.58805 m	e=	0.48995 m
d=	20.575 m	d=	20.575 m
b=	7.575 m	b=	7.575 m
Dtm=	0.5511	Dtm=	0.3983

Dtm= 0.551 m

Tabla 40.- Desplazamiento Máximo Total Aislador - Norma E.031

4.6. Determinación de Carga Axial Ultima

En este apartado, se determinará la carga axial última que tendrá que soportar cada uno de los apoyos de la estructura para lo cual se utilizará la combinación de carga dada por $1.25CM+1.25CV+S$, para lo cual se tomó como herramienta de apoyo el ETABS y se determinó dicha carga máxima para uno de los apoyos.

	FZ-Sx	FZ-Sy			
maximo	434.6162	599.994	39	263.9085	246.283
Label	FZ-Sx	FZ-Sy	40	71.4435	63.1341
1	434.6162	224.377	62	97.4246	115.2255
3	111.0039	59.1678	82	104.5553	127.5324
4	116.3987	44.4377	14	99.9784	131.9904
5	79.3765	99.8587	15	73.7879	64.7133
6	87.6721	74.7145	17	106.9474	121.4769
9	180.7842	138.2586	18	84.0444	127.4537
10	102.7519	73.4217	20	92.2094	97.9816
25	46.6027	68.3853	84	84.8028	152.0584
26	120.7487	94.7391	85	71.1508	63.5722
27	129.8847	206.9228	86	88.4511	101.5703
28	181.0317	254.1021	87	82.5326	103.0103
29	39.0791	34.5101	88	85.6389	91.4495
30	274.2325	228.4819	89	79.5278	97.9034
31	47.5574	40.9453	92	61.9834	59.9552
11	63.6465	51.5878	49	56.5198	47.6689
13	66.4532	56.2453	50	59.1283	48.5155
21	57.769	71.2443	51	49.2922	40.7902
32	78.6479	70.3208	52	44.1617	34.8664
33	132.3845	90.2102	54	48.0834	39.1823
38	282.1611	599.994	95	31.1467	73.5445

Por tanto, como se puede visualizar la carga axial máxima tiene un valor de 599.99tonf para el sismo en la dirección y.

$P_{umax} = 1.25CM + 1.25CV + SISMO$		
Pumax=	599.99	tonf

Tabla 41.- Carga Axial Ultima Aislador - Norma E.031

4.7. Determinación del Diámetro del Aislador

En este apartado, se tienen dos opciones de análisis de las cuales se elegirá el diámetro mayor a fin de realizar un diseño mucho más conservador.

Estas dos opciones de diseño se muestran a continuación.

Opcion 1	
$Di = 1.5Dtm$	
Di=	0.827 m
Di=	826.719 mm

Opcion 2	
$Di = \sqrt{\frac{4P_{umax}}{\pi\sigma_{max\ perm}}}, \sigma_{max\ perm} = 8MPa$	
Di=	0.968 m
Di=	967.709 mm

Tabla 42.- Diámetro Aislador - Norma E.031

Por tanto, se trabajará con un diámetro de aislador de **967.709mm** que según catálogos del DYNAMIC ISOLATION SYSTEMS (DIS), correspondería a un modelo de diámetro de 1000mm, tal como se muestra en la siguiente tabla.

DYNAMIC ISOLATION SYSTEMS

HOME COMPANY KEY PEOPLE PRODUCTS APPLICATIONS TECHNICAL MEDIA BROCHURES CONTACT US

Metric Units

DEVICE SIZE				MOUNTING PLATE DIMENSIONS					
Isolator Diameter, D _i (mm)	Isolator Height, H (mm)	Number of Rubber Layers, N	Lead Diameter D _l (mm)	L (mm)	t (mm)	Hole Qty.	Hole Ø (mm)	A (mm)	B (mm)
305	125-200	4-14	0-100	355	25	4	27	50	-
355	150-305	5-16	0-100	405	25	4	27	50	-
405	175-330	6-20	0-125	455	25	4	27	50	-
455	175-355	6-20	0-125	510	25	4	27	50	-
520	205-380	8-24	0-180	570	25	8	27	50	50
570	205-380	8-24	0-180	620	25	8	27	50	50
650	205-380	8-24	0-205	700	32	8	27	50	50
700	205-430	8-30	0-205	750	32	8	33	65	75
750	230-455	8-30	0-230	800	32	8	33	65	75
800	230-510	8-33	0-230	850	32	8	33	65	75
850	230-535	8-35	0-255	900	38	12	33	65	95
900	255-560	9-37	0-255	955	38	12	33	65	95
950	255-585	10-40	0-280	1005	38	12	33	65	95
1000	280-625	11-40	0-280	1055	38	12	40	75	115
1050	305-660	12-45	0-305	1105	44	12	40	75	115
1160	330-760	14-45	0-330	1205	44	12	40	75	115
1260	355-760	16-45	0-355	1335	44	16	40	75	115
1360	405-760	18-45	0-380	1435	51	16	40	75	115
1450	430-760	20-45	0-405	1525	51	20	40	75	115
1550	455-760	22-45	0-405	1625	51	20	40	75	115

(1) The axial load capacities provided correspond to maximum displacements based on design limits of 250% rubber shear strain or 2/3 the isolator diameter. An isolator's actual displacement and load capacity are dependent on the rubber modulus and number of rubber layers.

(2) Rubber Shear Modulus (G) are available from 0.38 N/mm² to 0.70 N/mm².

(3) Elastic Stiffness (K_i) for analytical modeling may be taken as 10-times the yielded stiffness (K_d).

Tabla 43.- Dynamic Isolation Systems (Dis)

4.8. Determinación Del Fuerza De Fluencia Del Núcleo De Plomo

En este apartado, se terminará la fuerza de fluencia del núcleo de plomo del aislador para lo cual se realiza en base a un análisis iterativo, pero que se puede aproximar por medio de una aproximación en base al peso de servicio de la estructura el cual está dado por la combinación de cargas de CM+25%CV según la norma técnica E0.30. cabe mencionar que dicho porcentaje se aplicara por medio de una iteración hasta que se logre los valores objetivo planteado en el apartado 2.3. a continuación se muestra los valores proporcionados por el ETABS para la resistencia de cada apoyo por la combinación de carga de servicio, así como el valor final de “Q_d” determinado a partir de la iteración mencionada que finaliza cuando el “B_{meff}” calculado tiene al valor objetivo planteado.

Maximo	134.4678	39	104.4329
Label	CM+25%CV	40	40.1212
1	134.4678	62	59.5926
3	17.1408	82	57.2327
4	14.7833	14	62.9922
5	40.7467	15	43.2252
6	39.3333	17	61.5262
9	51.2083	18	52.0811
10	45.0666	20	52.0434
25	24.8203	84	32.8364
26	63.5657	85	33.5191
27	53.8558	86	50.1301
28	72.6776	87	48.8366
29	25.3456	88	45.5868
30	114.2033	89	43.3368
31	23.157	92	35.9529
11	34.0369	49	31.8437
13	37.6804	50	33.8327
21	26.0506	51	28.4401
32	43.6011	52	23.8544
33	61.5152	54	26.3618
38	98.729	95	17.2949

Tabla 44.- Valores ETABSV19 - Norma E.031

Por tanto, en base a dicho valor sacado del ETABS, se determina el valor de “Qd”, que permite terminar con la iteración, porque a continuación se visualiza la tabla resumen.

$$\frac{Q_d}{W} = (K\%)$$

W=	134.4678 tonf
%=	18%
Qd=	24.204 tonf

Tabla 45.- Fuerza de Fluencia Aislador - Norma E.031

4.9. Determinación del diámetro de núcleo de plomo

Para realizar esta determinación se utiliza una serie de expresiones en las cual entra el valor de “Qd” así como el valor del esfuerzo de fluencia del núcleo de plomo que tiende a tomarse como 10MPa o 1019.71T/m². A continuación, se muestra las expresiones para el cálculo de dicho diámetro, así como la determinación del mismo.

Diámetro de Nucleo de Plomo		
$A_{plomo} = F_y / \sigma_y \text{ (10Mpa o 1500psi)}$ $F_y = 1.10Q_d$ $D_L = \sqrt{\frac{4}{\pi} * \frac{1.10Q_d}{\sigma_y}}$		
Se ha considerado un $\sigma_y = 10\text{MPa} = 1019.71\text{T/m}^2$		
Fy=	26.625	tonf
DL=	0.182	m
DL=	182.330	mm

Tabla 46.- Diámetro Núcleo de Plomo - Norma E.031

Por tanto, como se puede apreciar se tendrá que trabajar con un diámetro de núcleo de plomo mínimo del orden de 182.330mm, lo cual cumple con el rango de valores que se pueden apreciar en el catálogo del DIS.

4.10. Determinación de la altura del aislador sin planchas

Para esta altura se toma en consideración la deformación de corte que se pueda producir en el aislador, cuyo límite se establece como 250% teniendo en consideración el máximo desplazamiento total. En base a esto se tendrá que la altura del aislador tomara el siguiente valor como mínimo.

$H_i = D_{tm}/2.5$	
Hi=	0.2205 m
Hi=	220.46 mm

Tabla 47.- Altura del aislador sin planchas - Norma E.031

Este valor de altura de aislador mínima 220.46mm estaría acorde con el valor del aislador de diámetro de 1000mm del catálogo del DIS, cuya altura de aislador varia en el rango 280 a 635mm.

4.11. Cálculo de K_D O K_2

Este valor de rigidez secundaria o inelástica depende básicamente de la goma y se calcula según una expresión que incorpora valores previamente determinados como el diámetro del aislador, diámetro de núcleo de hierro y altura del aislador. Así mismo toma en consideración el módulo de corte G del aislador que toma un valor típico de 0.4 Mpa o 40.78 T/m².

Por tanto, a continuación, se muestra el valor de la expresión de cálculo, así como el cálculo de esta rigidez inelástica

$K_d = \frac{\pi}{4} * \frac{(D_I^2 - D_L^2) * G}{H_I}$	
Kd=	131.221 Tonf/m

Tabla 48.- Rigidez Inelástica - Norma E.031

4.12. Cálculo de K_{eff}

A continuación, se procederá a la determinación de la rigidez lateral efectiva del aislador, cual se halla en base a una expresión que relaciona la fuerza de fluencia del núcleo de plomo, el desplazamiento máximo total y el K_d (rigidez secundaria). Como estos valores ya fueron determinados en apartados anteriores

a continuación se muestra la expresión y el valor de K_{eff} para el aislador que se está diseñando.

$K_{eff} = \frac{Q_d}{Dtm} + K_d$	
Keff=	175.137 tonf/m

Tabla 49.- Rigidez Lateral efectiva - Norma E.031

4.13. Cálculo de β_{eff}

Este valor de amortiguamiento efectivo, se determina en base a una expresión que comprende valores de diseño ya calculados y cuyo valor permite la iteración hasta obtener el un valor cercano al amortiguamiento considerado en el apartado 2.3 que era del 15%. En base a lo mencionado se muestra la expresión para el cálculo del amortiguamiento efectivo, así como su valor determinado en base a los valores previamente calculados.

$\beta_{eff} = \frac{4Q_d(Dtm - \frac{F_y}{10K_d})}{2\pi * K_{eff} * Dtm^2}$	
$\beta_{eff} =$	0.153757784
$\beta_{eff} =$	15.376 %

Tabla 50.- Amortiguamiento Efectivo - Norma E.031

Por tanto, como se puede ver el amortiguamiento efectivo es de 15.376% el cual se aproxima al valor objetivo planteado de 15%, por lo que se puede decir que la iteración termino con los valores previamente mostrados.

4.14. Cálculo de rigidez vertical (K_v)

Para el cálculo de la rigidez vertical del amortiguador se usa la siguiente expresión.

$$K_v = \frac{E_c A}{H_i}$$

Donde:

A: área transversal del aislador

H_i : altura del aislador

E_c : módulo de elasticidad del conjunto de las láminas de caucho y acero, que se determinan según la siguiente expresión

$$E_c = \frac{6GS^2K}{6GS^2 + K}$$

Donde:

G: módulo de corte de caucho. Presenta valor de 0.5MPa

S: factor de forma ($d_i/(4*t)$), donde t es el espesor de la lámina de caucho (8mm)

K: módulo de compresibilidad del caucho (2000Mpa)

En base a esta serie de expresiones mostrados y los valores de las mismas ya calculas en apartados anteriores se obtiene la siguiente rigidez de vertical.

CALCULO DE K_v	
t=	8 mm
s=	25.83
ec=	102030.3669 t/m ²
a=	0.5368 m ²
$K_v = \frac{E_c A}{H_i}$	
kv=	248432.61 t/m

Tabla 51.- Rigidez vertical - Norma E.031

4.15. Cálculo de rigidez elástica (K_e)

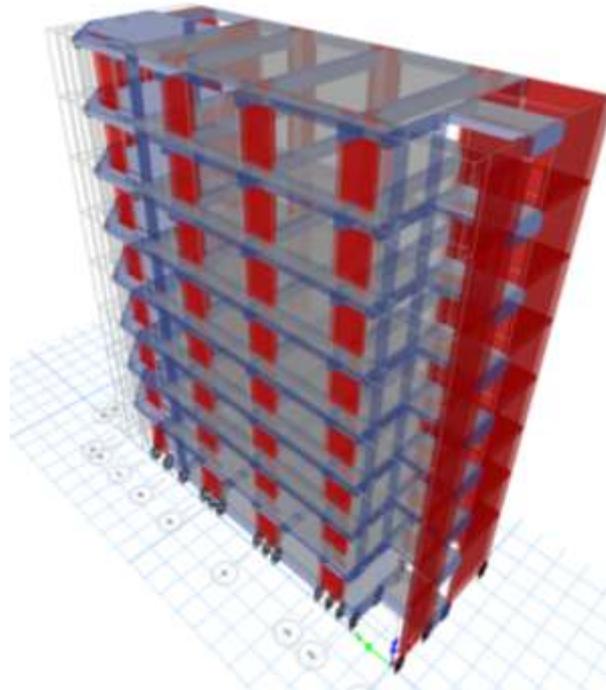
Esta rigidez elástica se determina a partir de la rigidez secundaria o inelástica a partir de una expresión sencilla que se muestra a continuación.

$k_e = 10k_d$	
ke=	1312.206 t/m

Tabla 52.- Rigidez elástica - Norma E.031

5. Análisis sísmico de edificación con aisladores de núcleo de plomo (LRB)

Para realizar este análisis se usa como base el modelo realizado para el modelo convencional con la única diferencia que se le aplica una base al modelo con las sobrecargas correspondientes, así como vigas que permitan tener una superficie uniforme de apoyo.

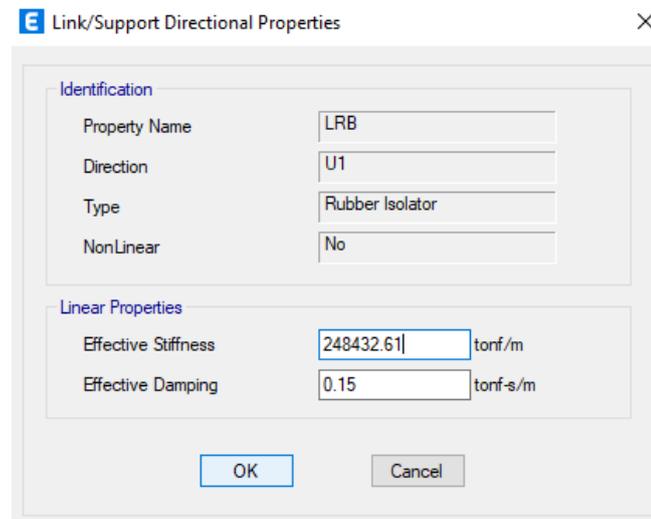


Adicionalmente, se hace el cambio de los apoyos de la base de un apoyo fijo que se tiene para el análisis convencional a apoyos tipo spring a los cuales se les debe dar las propiedades de rigidez y amortiguamiento que se determinó en el diseño de los aisladores. A continuación, se muestra la tabla resumen de los valores del aislador diseñado por colocar en el ETABS.

PARA U2 Y U3		
rigidez efectiva lineal	175.137	t/m
amortiguamiento efectivo lineal	15%	t.s/m
rigidez no lineal	1312.206	t/m
fluencia	26.625	t
radio de rigidez post fluencia	0.1	
PARA U1		
rigidez efectiva	248432.61	t/m
amortiguamiento efectivo lineal	15%	t.s/m

Tabla 53.- Detalles de Aislador de Núcleo de Plomo - Norma E.031

Estos valores serán colocados en la definición de los link's properties del ETABS tal y como se muestran en las siguientes imágenes.



E Link/Support Directional Properties ×

Identification

Property Name	<input type="text" value="LRB"/>
Direction	<input type="text" value="U2"/>
Type	<input type="text" value="Rubber Isolator"/>
NonLinear	<input type="text" value="Yes"/>

Linear Properties

Effective Stiffness	<input type="text" value="175.137"/>	tonf/m
Effective Damping	<input type="text" value="0.15"/>	tonf-s/m

Shear Deformation Location

Distance from End-J	<input type="text" value="0"/>	m
---------------------	--------------------------------	---

Nonlinear Properties

Stiffness	<input type="text" value="1312.206"/>	tonf/m
Yield Strength	<input type="text" value="26.625"/>	tonf
Post Yield Stiffness Ratio	<input type="text" value="0.1"/>	

Link/Support Directional Properties

Identification

Property Name	LRB
Direction	U3
Type	Rubber Isolator
NonLinear	Yes

Linear Properties

Effective Stiffness	175.137	tonf/m
Effective Damping	0.15	tonf-s/m

Shear Deformation Location

Distance from End-J	0	m
---------------------	---	---

Nonlinear Properties

Stiffness	1312.206	tonf/m
Yield Strength	26.625	tonf
Post Yield Stiffness Ratio	0.1	

OK Cancel

En base a esta definición de propiedades y con la asignación de los spring en los apoyos donde se colocarán los aisladores, se procede a determinar el valor de los desplazamientos por los sismos de diseño en las direcciones de análisis x e y, pero previo a ello es de importancia el analizar la irregularidad torsional en planta que se presentaba en el modelo convencional a fin de poder determinar el factor de amplificación de desplazamientos para obtener los desplazamientos inelásticos.

VERIFICACION DE LA APLICACIÓN PARA DIRECCION X-X						
Piso	hei	d	d	$\Delta_{m\acute{a}x}$	$\Delta_{permissible} = 0.007h_{ei}$	$\Delta_{m\acute{a}x} > 50\% \Delta_{permissible}$
		(Del analisis)	(Corregido)			
8	280	4.056	18.253	0.596	1.96000	NO APLICA
7	280	3.924	17.658	0.617	1.96000	NO APLICA
6	280	3.787	17.040	0.628	1.96000	NO APLICA
5	280	3.647	16.412	0.629	1.96000	NO APLICA
4	280	3.507	15.783	0.610	1.96000	NO APLICA
3	280	3.372	15.173	0.565	1.96000	NO APLICA
2	280	3.246	14.608	0.486	1.96000	NO APLICA
1	370	3.138	14.122	0.528	2.59000	NO APLICA
		3.021	13.595	0.000		

Tabla 54.- Verificación dirección XX con Aislador - Norma E.031

Como se puede observar, en base a los desplazamientos que se obtiene del ETABS, no es aplicable el concepto de irregularidad torsional cuando el sismo llega en la dirección x.

VERIFICACION DE LA APLICACIÓN PARA DIRECCION Y-Y						
Piso	hei	d	d	$\Delta_{m\acute{a}x}$	$\Delta_{permissible} = 0.007h_{ei}$	$\Delta_{m\acute{a}x} > 50\% \Delta_{permissible}$
		(Del analisis)	(Corregido)			
8	280	4.202	18.909	0.627	1.96000	NO APLICA
7	280	4.063	18.282	0.713	1.96000	NO APLICA
6	280	3.904	17.568	0.788	1.96000	NO APLICA
5	280	3.729	16.780	0.853	1.96000	NO APLICA
4	280	3.539	15.927	0.895	1.96000	NO APLICA
3	280	3.340	15.032	0.900	1.96000	NO APLICA
2	280	3.140	14.131	0.882	1.96000	NO APLICA
1	370	2.944	13.250	0.869	2.59000	NO APLICA
		2.751	12.380			

Tabla 55.- Verificación dirección YY con Aislador - Norma E.031

Como se puede observar, en base a los desplazamientos que se obtiene del ETABS, no es aplicable el concepto de irregularidad torsional cuando el sismo llega en la dirección y.

En base a que se trata de una edificación regular el factor de amplificación será de 0.75R según la norma E0.30 en donde como se determinó en el análisis

convencional $R=6$. Por tanto, a continuación, se muestra el análisis de las derivas de cada piso con el fin de verificar su cumplimiento.

Eje X-X						
R=		6.00		D/hi (Max) =		0.007
Piso	Hi	d (Del analisis)	d (Corregido)	D	D/hi	$\frac{\Delta}{h_i} < 0.007$
8	280	4.0563	18.253	0.596	0.00213	OK
7	280	3.9239	17.658	0.617	0.00221	OK
6	280	3.7867	17.040	0.628	0.00224	OK
5	280	3.6471	16.412	0.629	0.00225	OK
4	280	3.5074	15.783	0.610	0.00218	OK
3	280	3.3718	15.173	0.565	0.00202	OK
2	280	3.2463	14.608	0.486	0.00174	OK
1	370	3.1383	14.122	0.528	0.00143	OK
BASE		3.021	13.595			

Tabla 56.- Derivas en dirección XX con Aislador - Norma E.031

Eje Y-Y						
R=		6.00		D/hi (Max) =		0.007
Piso	Hi	d (Del analisis)	d (Corregido)	D	D/hi	$\frac{\Delta}{h_i} < 0.007$
8	280	4.202	18.909	0.627	0.00224	OK
7	280	4.0626	18.282	0.713	0.00255	OK
6	280	3.9041	17.568	0.788	0.00282	OK
5	280	3.7289	16.780	0.853	0.00305	OK
4	280	3.5393	15.927	0.895	0.00320	OK
3	280	3.3404	15.032	0.900	0.00322	OK
2	280	3.1403	14.131	0.882	0.00315	OK
1	370	2.9444	13.250	0.869	0.00235	OK
BASE		2.7512	12.380	0.000	0.00000	

Tabla 57.- Derivas en dirección YY con Aislador - Norma E.031

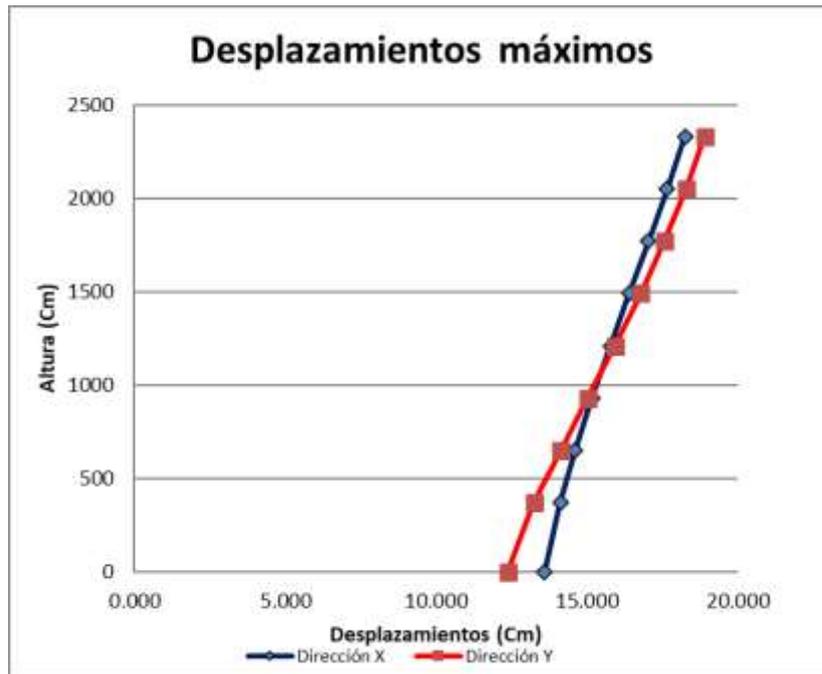


Tabla 58.- Desplazamiento máximos XY - Norma E030-.031

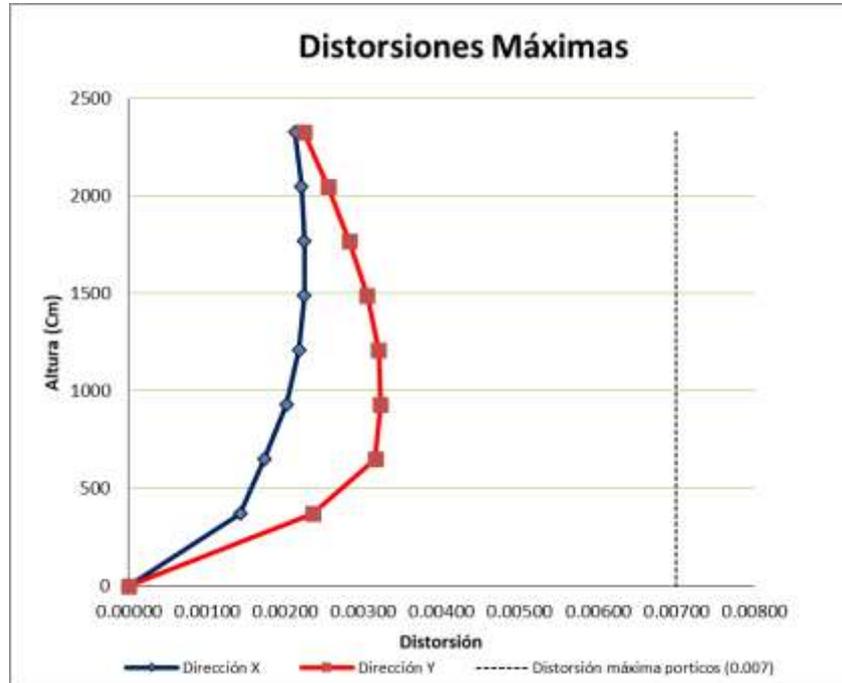


Tabla 59.- Distorsión máximos XY - Norma E030-.031

Como se puede observar para cada uno de los entrepisos de la edificación se cumple la deriva máxima proporcionado por la norma E0.30 y esto se logra con gran diferencia, ya que se tendrá una deriva máxima de 0.00322, la cual difiere en gran magnitud con la determinada por el análisis convencional que tiene un valor de deriva máximo de 0.064 con lo que se acerca mucho al límite. Además, esto evidencia que se puede optimizar en colocar elementos menos rígidos, lo que a su vez se traduce en menores costes de materiales.

6. BIM 5D- GESTION Y ESTIMACION DE COSTOS

Para poder realizar el presupuesto vía Revit, se generó tablas por medio del programa para luego usar la ADD-IN Qex como se muestra a continuación:

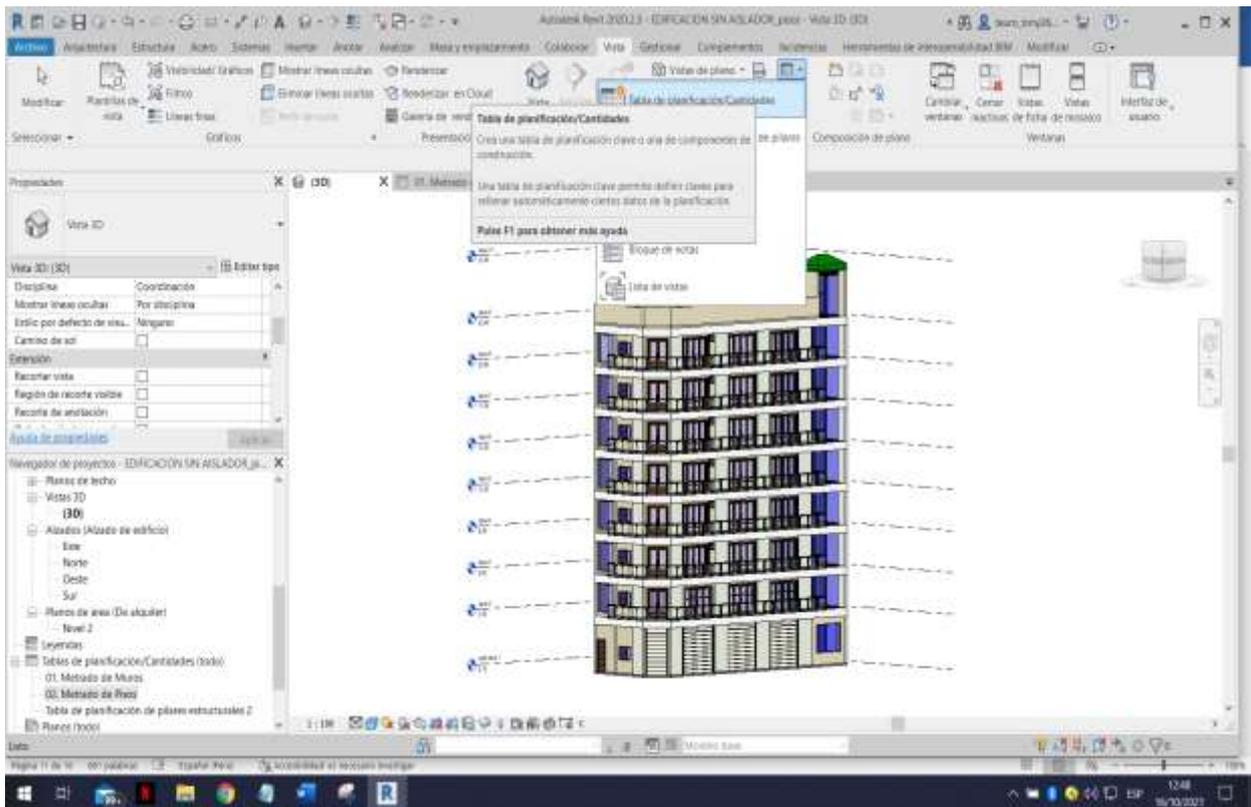


Figura 20.- Creando Tablas de Cuantificación en REVIT

Fuente : Elaboracion propia

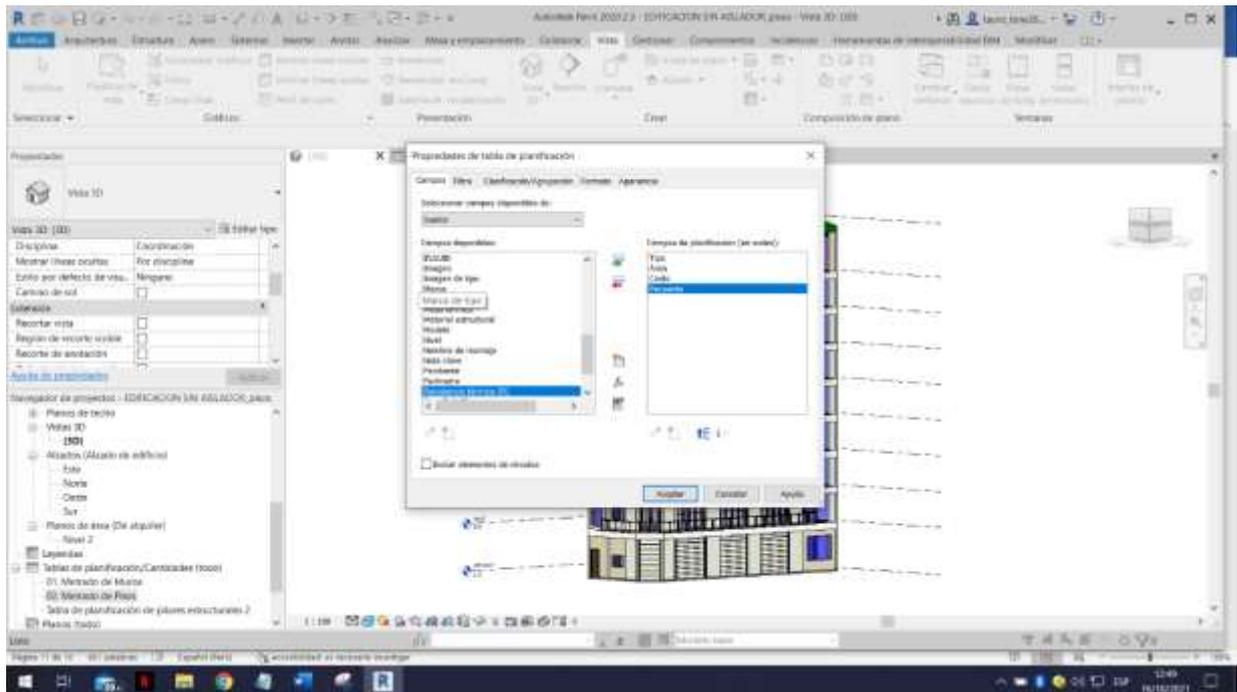
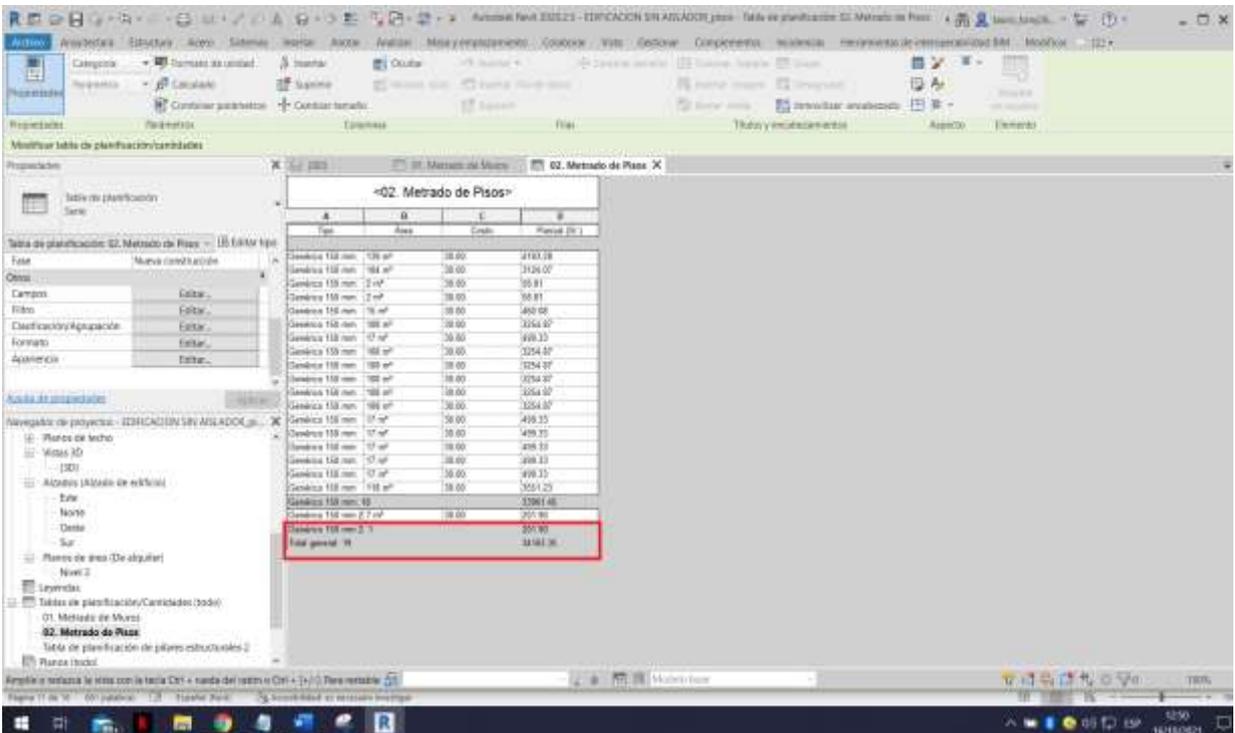


Figura 21.- Agregando Parámetros a la Tabla de Cuantificación en REVIT

Fuente : Elaboracion propia



Tip	Area	Costo	Presup. (0.1)
Concreto 110 mm	136 m²	38.00	4703.28
Concreto 110 mm	184 m²	38.00	2712.00
Concreto 110 mm	2 m²	38.00	36.81
Concreto 110 mm	15 m²	38.00	469.80
Concreto 110 mm	188 m²	38.00	3254.80
Concreto 110 mm	17 m²	38.00	499.10
Concreto 110 mm	168 m²	38.00	3254.80
Concreto 110 mm	188 m²	38.00	3254.80
Concreto 110 mm	188 m²	38.00	3254.80
Concreto 110 mm	17 m²	38.00	499.10
Concreto 110 mm	17 m²	38.00	499.10
Concreto 110 mm	118 m²	38.00	3511.20
Concreto 110 mm	10 m²	38.00	380.00
Concreto 110 mm	7 m²	38.00	266.00
Concreto 110 mm	2 m²	38.00	36.81
Total general	91	38.00	3151.36

Figura 22.- Tabla de Cuantificación para Presupuesto generado en REVIT

Fuente : Elaboracion propia

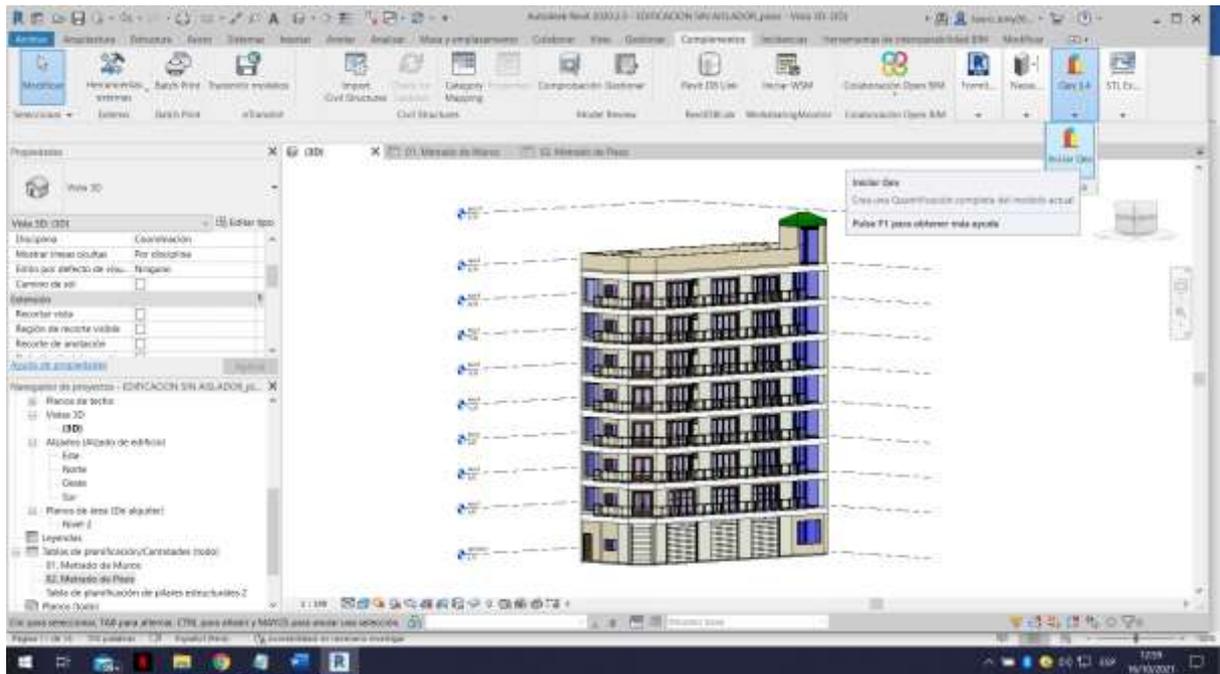


Figura 23.- Usando la ADD IN: Qex en REVIT

Fuente : Elaboracion propia

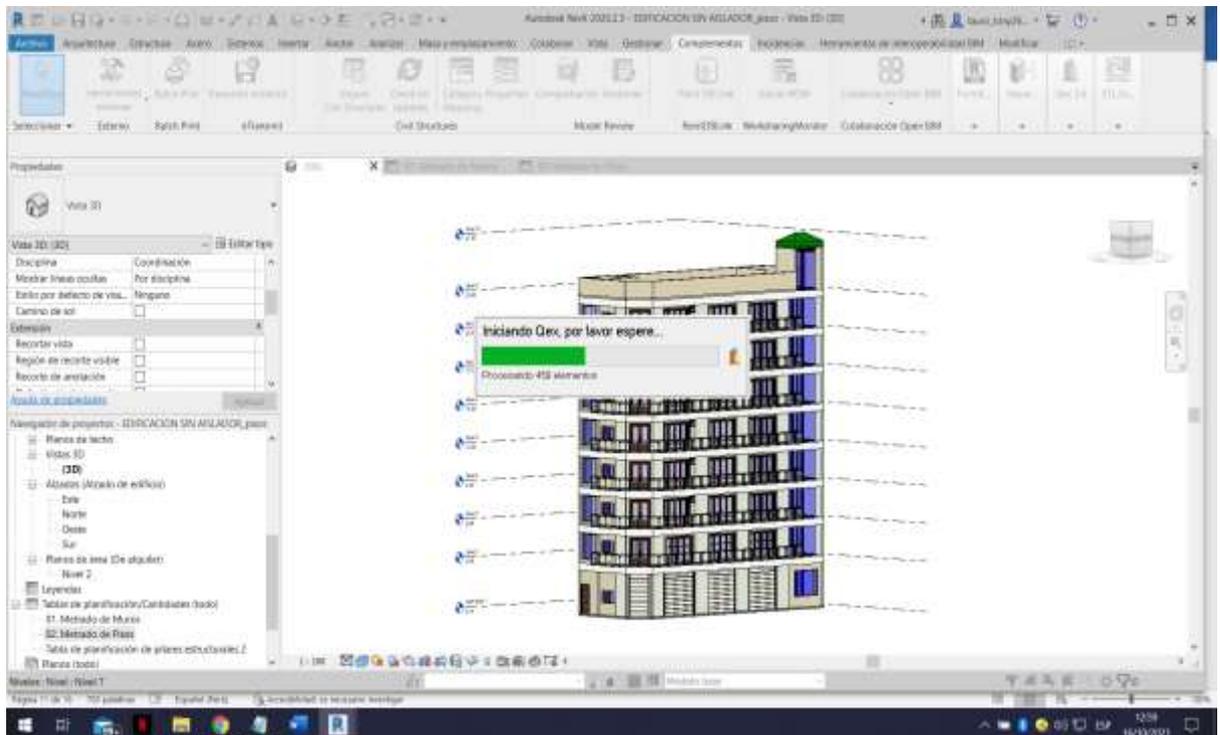


Figura 24.- Pasando toda la data a Qex en REVIT

Fuente : Elaboracion propia

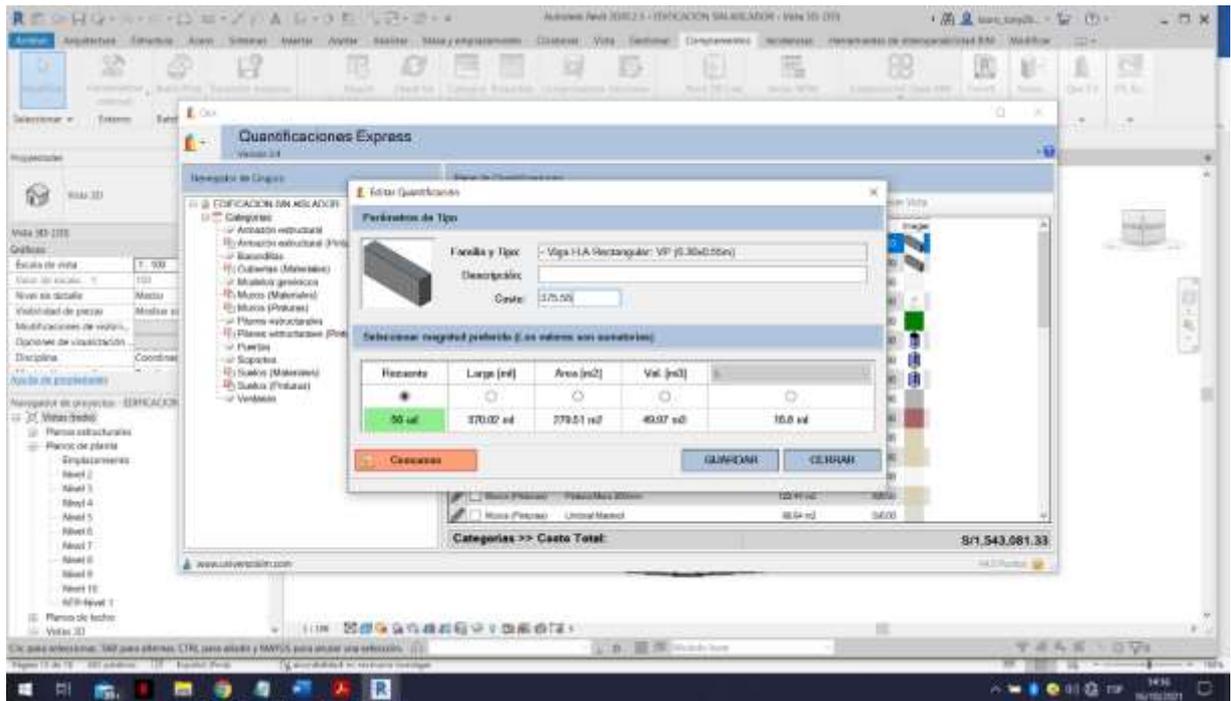


Figura 25.- Generando cuantificaciones generales en Qex dándonos para la edificación sin aislador un costo directo de S/. 1,543,081.33

Fuente : Elaboracion propia

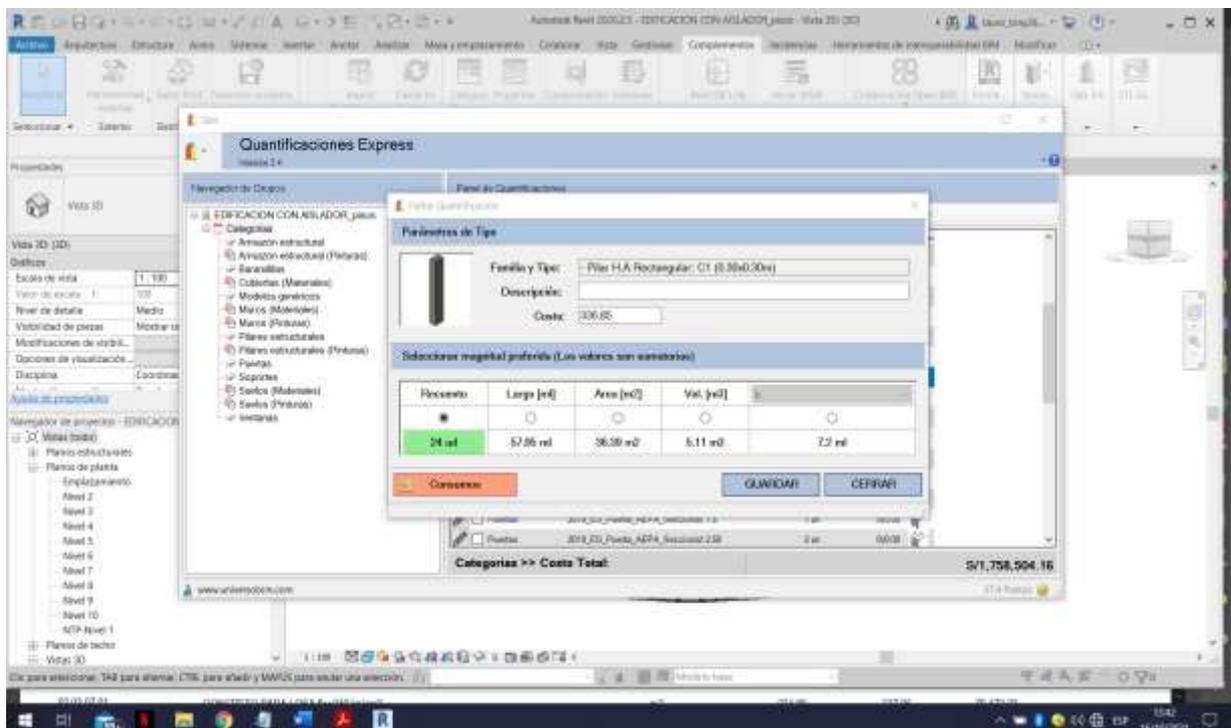


Figura 26.- Generando cuantificaciones generales en Qex dándonos para la edificación con aislador un costo directo de S/. 1,758,504.16

Fuente : Elaboracion propia

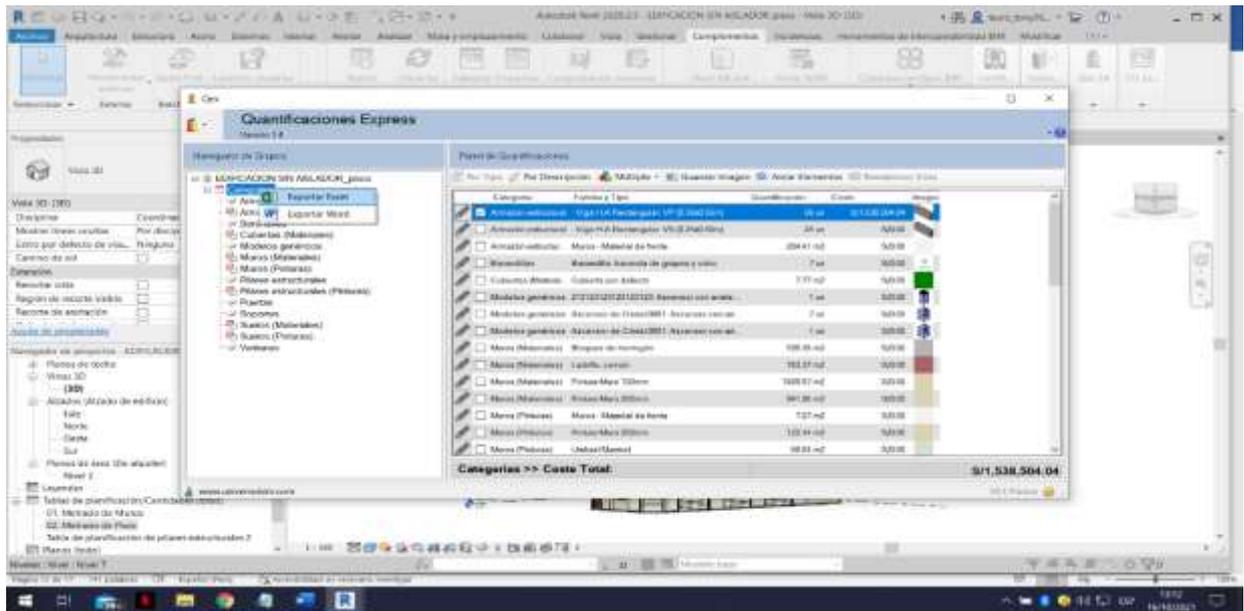


Figura 27.- Exportando a Excel las cuantificaciones generales de Qex

Fuente : Elaboracion propia

6.1. Presupuesto sin Aislamiento

Presupuesto Edificacion SIN AISLAMIENTO				
Descripcion	Unidad	Metrad	Precio (S/)	Parcial (S/)
OBRAS PROVISIONALES, TRABAJOS PRELIMINARES, SEGURIDAD Y SALUD				
OBRAS PROVISIONALES Y TRABAJOS PRELIMINARES				
CONSTRUCCIONES PROVISIONALES				
CERCOS	m2	62.45	16.52	1,031.67
TRABAJOS PRELIMINARES				
LIMPIEZA DE TERRENO	m2	138.88	9.89	1,373.52
MOVILIZACIÓN DE CAMPAMENTO, MAQUINARIA Y HERRAMIENTAS	glb	1.00	12,526.23	12,526.23
TRAZOS, NIVELES Y REPLANTEO				
TRAZO, NIVELES Y REPLANTEO PRELIMINAR	m2	138.88	45.62	6,335.71
SEGURIDAD Y SALUD EN EL TRABAJO				
ELABORACIÓN, IMPLEMENTACIÓN Y ADMINISTRACIÓN DEL PLAN DE SEGURIDAD Y SALUD EN EL TRABAJO				
EQUIPOS DE PROTECCIÓN INDIVIDUAL	mes	4.00	1,126.32	4,505.28
EQUIPOS DE PROTECCIÓN COLECTIVA	glb	1.00	1,166.65	1,166.65
SEÑALIZACIÓN TEMPORAL DE SEGURIDAD	glb	1.00	850.00	850.00
RECURSOS PARA RESPUESTAS ANTE EMERGENCIAS EN SEGURIDAD Y SALUD DURANTE EL TRABAJO	glb	1.00	750.00	750.00
ESTRUCTURAS				
MOVIMIENTO DE TIERRAS				
EXCAVACIONES				
EXCAVACIONES MASIVAS	m3	317.56	7.11	2,257.85
RELLENOS				
RELLENO CON MATERIAL PROPIO	m2	125.60	16.43	2,063.61
RELLENO CON MATERIAL DE PRÉSTAMO	m3	49.36	44.03	2,173.32
ELIMINACIÓN DE MATERIAL EXCEDENTE	m3	230.13	13.85	3,187.30

OBRAS DE CONCRETO SIMPLE				
SOLADOS				
SOLADO PARA CIMIENTACIONES ARMADAS	m3	14.25	28.80	410.40
SOLADO DE CISTERNA f'c=100 kg/cm2	m3	1.44	22.05	31.75
OBRAS DE CONCRETO ARMADO				
VIGAS DE CIMENTACIÓN				
CONCRETO f'c = 210 kg/cm2	m3	13.33	337.06	4,493.01
PARA LA ARMADURA DE ACERO	kg	1,633.71	5.87	9,589.88
LOSAS DE CIMENTACIÓN				
CONCRETO f'c = 210 kg/cm2	m3	70.68	337.06	23,823.40
PARA LA ARMADURA DE ACERO	kg	1,249.20	5.87	7,332.80
SOBRECIMENTOS REFORZADOS				
CONCRETO f'c = 210 kg/cm2	m3	26.89	337.06	9,063.54
PARA LA ARMADURA DE ACERO	kg	226.94	5.87	1,332.14
PLACAS				
CONCRETO f'c = 210 kg/cm2	m3	374.13	337.06	126,104.26
PARA EL ENCOFRADO Y DESENCOFRADO	m2	654.51	32.62	21,350.12
PARA LA ARMADURA DE ACERO	kg	19,516.04	5.88	114,754.32
COLUMNAS				
CONCRETO f'c = 210 kg/cm2	m3	22.80	337.06	7,684.97
PARA EL ENCOFRADO Y DESENCOFRADO	m2	103.31	32.62	3,369.97
PARA LA ARMADURA DE ACERO	kg	2,578.09	5.87	15,133.39
VIGAS				
CONCRETO f'c = 210 kg/cm2	m3	178.53	337.06	60,175.32
PARA EL ENCOFRADO Y DESENCOFRADO	m2	459.58	32.62	14,991.50
PARA LA ARMADURA DE ACERO	kg	19,829.19	5.87	116,397.35

LOSA				
CONCRETO f'c = 210 kg/cm2	m3	234.89	337.06	79,172.02
PARA EL ENCOFRADO Y DESENCOFRADO	m2	939.55	32.62	30,648.12
PARA LA ARMADURA DE ACERO	kg	12,691.87	5.87	74,501.28
ESCALERAS				
CONCRETO f'c = 210 kg/cm2	m3	35.68	337.06	12,026.30
PARA EL ENCOFRADO Y DESENCOFRADO	m2	71.32	32.62	2,326.46
PARA LA ARMADURA DE ACERO	kg	783.27	5.87	4,597.79
CISTERNA SUBTERRANEA				
CONCRETO f'c = 210 kg/cm2	m3	14.81	337.06	4,991.86
PARA EL ENCOFRADO Y DESENCOFRADO	m2	61.64	32.62	2,010.70
PARA LA ARMADURA DE ACERO	kg	439.18	5.87	2,577.99
ARQUITECTURA				
MUROS Y TABIQUES DE ALBAÑILERIA				
MURO DE LADRILLO KING KONG DE ARCILLA 24 x 12 x 9 AMARRE DE SOGA	m2	75.53	60.29	4,553.70
MURO DE LADRILLO KING KONG DE ARCILLA 24 x 12 x 9 AMARRE DE CANTO	m2	945.73	35.20	33,289.70
REVOQUES Y REVESTIMIENTOS				
TARRAJEO RAYADO PRIMARIO				
Tarrajeo rayado primario en 1° piso	m2	245.96	18.33	4,508.45
Tarrajeo rayado primario en 2° piso	m2	183.55	18.33	3,364.47
Tarrajeo rayado primario del 3° piso - 8° piso	m2	1,613.02	18.33	29,566.66
Tarrajeo rayado primario en COLUMNAS Y PLACAS	m2	713.55	48.86	34,864.05
CIELORRASOS				
PISOS Y PAVIMENTOS				
FALSO PISO 4" DE CONCRETO 1:10	m2	1,007.46	30.18	30,405.14
CONTRAPISO DE 4 CM	m2	1,007.46	21.84	22,002.93
PISO DE CERAMICA DE .30X.30 CM C/CLARO	m2	1,007.46	41.59	41,900.26

ZOCALOS				
ZOCALO DE PORCELANATO DE 10CM				
Zocalo de porcelanato de 10cm en el 1° piso	ml	65.47	48.13	3,151.07
Zocalo de porcelanato de 10cm en el 2° piso	ml	59.83	48.13	2,879.62
Zocalo de porcelanato de 10cm del 3° piso - 8° piso	ml	107.23	48.13	5,160.98
CARPINTERIA DE MADERA				
PUERTAS	m2	117.83	622.24	73,318.54
BISAGRAS	und	21.00	28.98	608.58
ACCESORIOS	pza	4.00	155.89	623.56
VIDRIOS Y CRISTALES				
VIDRIOS PARA VENTANA				
Vidrios para ventana en el 1° PISO	m2	2.76	248.65	686.27
Vidrios para ventana en el 2° PISO	m2	10.96	248.65	2,725.20
Vidrios para ventana del 3° piso - 8° piso	m2	72.36	248.65	17,992.31
MAMPARA CORREDIZA				
Manparlas corredizas del 2° PISO	m2	29.95	225.62	6,757.32
Manparlas corredizas del 3° piso - 8° piso	m2	218.71	225.62	49,345.35
CERRADURAS	pza	51.00	54.57	2,783.07
SISTEMA O MECANISMO	Juego	30.00	105.25	3,157.50
PINTURA				
PINTURA LATEX CIELO RASO	m2	1,007.46	11.50	11,585.79
PINTURA LATEX MUROS				
Pintura latex muros del 1° piso	m2	245.96	9.60	2,361.22
Pintura latex muros del 2° piso	m2	183.55	9.60	1,762.08
Pintura latex muros del 3° piso - 8° piso	m2	1,613.02	9.60	15,484.99
Pintura Latex en COLUMNAS Y PLACAS	m2	713.55	25.50	18,195.53
BALCON				

BARANDILLAS DE VIDRIO TEMPLADO Y ACERO INOXIDABLE a 1.20 m	ml	26.30	169.88	4,467.84
ALERO PROTECCIÓN DE LLUVIA	ml	26.30	66.54	1,750.00
ASENSOR				
CAJA DE ASENSOR VIDRIO TEMPLADO (1.70 x 1.70 m) (1° PISO - 8° PISO)	pza	1.00	110,500.00	110,500.00
INSTALACIONES SANITARIAS				
APARATOS SANITARIOS Y ACCESORIOS				
SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE APARATOS SANITARIOS				
APARATOS SANITARIOS	u	105.00	222.40	23,352.00
INSTALACIÓN DE APARATOS SANITARIOS	u	37.00	75.89	2,807.93
SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE ACCESORIOS				
RED DE DISTRIBUCIÓN	m	351.20	78.50	27,569.20
ACCESORIOS DE REDES				
CODOS PVC	pza	232.00	22.89	5,310.48
Yees de PVC	pza	35.00	25.90	906.50
Aditamientos Varios	pza	36.00	52.36	1,884.96
Registros	pza	27.00	143.58	3,876.66
Cámaras De Inspección	pza	6.00	125.36	752.16
SISTEMA DE AGUA FRÍA				
SALIDA DE AGUA FRÍA	pto	60.00	22.45	1,347.00
REDES DE DISTRIBUCIÓN	ml	571.73	12.48	7,135.19
ACCESORIOS DE REDES DE AGUA	pza	712.00	35.62	25,361.44
VÁLVULAS	pza	68.00	67.85	4,613.80
EQUIPO DE PRODUCCIÓN DE AGUA CALIENTE	u	6.00	98.15	588.90
EQUIPOS Y OTRAS INSTALACIONES	u	3.00	256.32	768.96
INSTALACIONES ELÉCTRICAS				
INSTALACIONES ELECTRICAS BAJA TENSION - INTERIORES				
CONEXIÓN A RED EXISTENTE	UND	1.00	855.00	855.00

MOVIMIENTO DE TIERRAS				
EXCAVACION DE ZANJAS DE 0.30X0.30M.	M3	81.00	16.17	1,309.77
RELLENO Y COMPACTADO DE ZANJA DE 0.30X0.30 M.	M3	121.50	19.59	2,380.19
ELIMINACION DE MATERIAL EXEDENTE	M3	40.50	24.52	993.06
CABLES				
CABLE CALIBRE N° 6	M	573.62	6.68	3,831.78
CABLE CALIBRE N° 8	M	759.85	7.25	5,508.91
CABLE CALIBRE N° 10	M	628.52	8.84	5,556.12
TUBERIAS				
TUBERIA DE 3/4" Ø PVC SAP	M	2,555.32	8.86	22,640.14
TUBERIA DE 1" Ø PVC SAP	M	1,825.23	9.95	18,161.04
TUBERIA DE 1 1/4" Ø PVC SAP	M	82.00	14.25	1,168.50
CAJAS				
CAJAS DE F°G DE 200X200X100 mm.	PZA	8.00	72.27	578.16
TABLEROS				
TG. 3Ø42 POLOS 1-160A. INCLUYE 3Ø 1-40A.+2Ø 5-40A.+ 2Ø 8-32A+ 2Ø 1-60A+2Ø 1-20A	UND	1.00	1,371.23	1,371.23
TABLERO DE DISTRIBUCION ST 1 18 POLOS INLUYE DIFERENCIAL 30 mA	UND	1.00	1,238.36	1,238.36
TABLERO DE DISTRIBUCION ST 2 18 POLOS INLUYE DIFERENCIAL 30 mA	UND	6.00	1,394.47	8,366.82
INSTALACION DE SALIDAS DE CIRCUITOS				
SALIDA A LUMINARIA	PTO	164.00	88.63	14,535.32
SALIDA A LUMINARIA - FAROLES	PTO	6.00	75.25	451.50
SALIDA PARA TOMACORRIENTE DOBLE CON PUESTA A TIERRA	PTO	102.00	68.25	6,961.50
SALIDA PARA TOMACORRIENTE ELECTRO BOMBA	PTO	2.00	152.26	304.52
INSTALACION DE SALIDAS DE CIRCUITOS - ILUMINACION				
INTERRUPTOR SIMPLE DE LUMINARIA	UND	83.00	12.94	1,074.02
INTERRUPTOR DOBLE DE LUMINARIA	UND	7.00	16.95	118.65
ARTEFACTOS DE ILUMINACION				
EQUIPO LUMINARIAS ADOSADA TECHO - RECTANGULAR	UND	120.00	68.69	8,242.80
EQUIPO LUMINARIAS ADOSADA TECHO - FOCO	UND	44.00	24.56	1,080.64
EQUIPO LUMINARIAS EXTERIORES - FAROLES	UND	6.00	112.36	674.16
POZO A TIERRA				
SISTEMA DE PUESTA A TIERRA	KIT	1.00	890.00	890.00
ACOMETIDA ELECTRICA				
ACOMETIDA ELECTRICA EN EL SISTEMA DE UTILIZACION EN MEDIA TENSION 10DV	GLB	1.00	1,650.00	1,650.00
			TOTAL:	1,543,081.33

Tabla 60. - Estimación Presupuesto detallada Edificación Convencional

6.2 Presupuesto con Aislamiento

Presupuesto Edificación CON AISLAMIENTO				
Descripción	Unidad	Metrado	Precio (S/.)	Parcial (S/.)
OBRAS PROVISIONALES, TRABAJOS PRELIMINARES, SEGURIDAD Y SALUD				
OBRAS PROVISIONALES Y TRABAJOS PRELIMINARES				
CONSTRUCCIONES PROVISIONALES				
CERCOS	m2	62.45	16.52	1,031.67
TRABAJOS PRELIMINARES				
LIMPIEZA DE TERRENO	m2	138.88	9.89	1,373.52
MOVILIZACIÓN DE CAMPAMENTO, MAQUINARIA Y HERRAMIENTAS	glb	1.00	12,526.23	12,526.23
TRAZOS, NIVELES Y REPLANTEO				
TRAZO, NIVELES Y REPLANTEO PRELIMINAR	m2	138.88	45.62	6,335.71
SEGURIDAD Y SALUD EN EL TRABAJO				
ELABORACIÓN, IMPLEMENTACIÓN Y ADMINISTRACIÓN DEL PLAN DE SEGURIDAD Y SALUD EN EL TRABAJO				
EQUIPOS DE PROTECCIÓN INDIVIDUAL	mes	4.00	1,126.32	4,505.28
EQUIPOS DE PROTECCIÓN COLECTIVA	glb	1.00	1,166.65	1,166.65
SEÑALIZACIÓN TEMPORAL DE SEGURIDAD	glb	1.00	850.00	850.00
RECURSOS PARA RESPUESTAS ANTE EMERGENCIAS EN SEGURIDAD Y SALUD DURANTE EL TRABAJO	glb	1.00	750.00	750.00
ESTRUCTURAS				
MOVIMIENTO DE TIERRAS				
EXCAVACIONES				
EXCAVACIONES MASIVAS	m3	317.56	7.11	2,257.85
RELLENOS				
RELLENOS				
RELLENO CON MATERIAL PROPIO	m2	125.60	16.43	2,063.61
RELLENO CON MATERIAL DE PRÉSTAMO	m3	49.36	44.03	2,173.32
ELIMINACIÓN DE MATERIAL EXCEDENTE	m3	230.13	13.85	3,187.30
OBRAS DE CONCRETO SIMPLE				
SOLADOS				
SOLADO PARA CIMENTACIONES ARMADAS f'c=100 kg/cm2	m3	14.25	28.80	410.40
SOLADO DE CISTERNA f'c=100 kg/cm2	m3	1.44	22.05	31.75
OBRAS DE CONCRETO ARMADO				
VIGAS DE CIMENTACIÓN				
CONCRETO f'c = 210 kg/cm2	m3	13.33	337.06	4,493.01
PARA LA ARMADURA DE ACERO	kg	1,633.71	5.87	9,589.88
LOSAS DE CIMENTACIÓN				
CONCRETO f'c = 210 kg/cm2	m3	70.68	337.06	23,823.40
PARA LA ARMADURA DE ACERO	kg	1,249.20	5.87	7,332.80
PROTECCION SISMICA: AISLADOR DE BASE LRB	glb	1.00	215,422.83	215,422.83
SOBRECIMENTOS REFORZADOS				
CONCRETO f'c = 210 kg/cm2	m3	26.89	337.06	9,063.54
PARA LA ARMADURA DE ACERO	kg	226.94	5.87	1,332.14
PLACAS				
CONCRETO f'c = 210 kg/cm2	m3	374.13	337.06	126,104.26
PARA EL ENCOFRADO Y DESENCOFRADO	m2	654.51	32.62	21,350.12
PARA LA ARMADURA DE ACERO	kg	19,516.04	5.88	114,754.32
COLUMNAS				
CONCRETO f'c = 210 kg/cm2	m3	22.80	337.06	7,684.97
PARA EL ENCOFRADO Y DESENCOFRADO	m2	103.31	32.62	3,369.97
PARA LA ARMADURA DE ACERO	kg	2,578.09	5.87	15,133.39

VIGAS				
CONCRETO f'c = 210 kg/cm2	m3	178.53	337.06	60,175.32
PARA EL ENCOFRADO Y DESENCOFRADO	m2	459.58	32.62	14,991.50
PARA LA ARMADURA DE ACERO	kg	19,829.19	5.87	116,397.35
LOSA				
CONCRETO f'c = 210 kg/cm2	m3	234.89	337.06	79,172.02
PARA EL ENCOFRADO Y DESENCOFRADO	m2	939.55	32.62	30,648.12
PARA LA ARMADURA DE ACERO	kg	12,691.87	5.87	74,501.28
ESCALERAS				
CONCRETO f'c = 210 kg/cm2	m3	35.68	337.06	12,026.30
PARA EL ENCOFRADO Y DESENCOFRADO	m2	71.32	32.62	2,326.46
PARA LA ARMADURA DE ACERO	kg	783.27	5.87	4,597.79
CISTERNA SUBTERRANEA				
CONCRETO f'c = 210 kg/cm2	m3	14.81	337.06	4,991.86
PARA EL ENCOFRADO Y DESENCOFRADO	m2	61.64	32.62	2,010.70
PARA LA ARMADURA DE ACERO	kg	439.18	5.87	2,577.99
ARQUITECTURA				
MUROS Y TABIQUES DE ALBAÑILERIA				
MURO DE LADRILLO KING KONG DE ARCILLA 24 x 12 x 9 AMARRE DE SOGA	m2	75.53	60.29	4,553.70
MURO DE LADRILLO KING KONG DE ARCILLA 24 x 12 x 9 AMARRE DE CANTO	m2	945.73	35.20	33,289.70
REVOQUES Y REVESTIMIENTOS				
TARRAJEO RAYADO PRIMARIO				
Tarrajeo rayado primario en 1° piso	m2	245.96	18.33	4,508.45
Tarrajeo rayado primario en 2° piso	m2	183.55	18.33	3,364.47
Tarrajeo rayado primario del 3° piso - 8° piso	m2	1,613.02	18.33	29,566.66
Tarrajeo rayado primario en COLUMNAS Y PLACAS	m2	713.55	48.86	34,864.05
CIELORRASOS				

PISOS Y PAVIMENTOS				
FALSO PISO 4" DE CONCRETO 1:10	m2	1,007.46	30.18	30,405.14
CONTRAPISO DE 4 CM	m2	1,007.46	21.84	22,002.93
PISO DE CERAMICA DE .30X.30 CM C/CLARO	m2	1,007.46	41.59	41,900.26
ZOCALOS				
ZOCALO DE PORCELANATO DE 10CM				
Zocalo de porcelanato de 10cm en el 1° piso	ml	65.47	48.13	3,151.07
Zocalo de porcelanato de 10cm en el 2° piso	ml	59.83	48.13	2,879.62
Zocalo de porcelanato de 10cm del 3° piso - 8° piso	ml	107.23	48.13	5,160.98
CARPINTERIA DE MADERA				
PUERTAS	m2	117.83	622.24	73,318.54
BISAGRAS	und	21.00	28.98	608.58
ACCESORIOS	pza	4.00	155.89	623.56
VIDRIOS Y CRISTALES				
VIDRIOS PARA VENTANA				
Vidrios para ventana en el 1° PISO	m2	2.76	248.65	686.27
Vidrios para ventana en el 2° PISO	m2	10.96	248.65	2,725.20
Vidrios para ventana del 3° piso - 8° piso	m2	72.36	248.65	17,992.31
MAMPARA CORREDIZA				
Manparlas corredizas del 2° PISO	m2	29.95	225.62	6,757.32
Manparlas corredizas del 3° piso - 8° piso	m2	218.71	225.62	49,345.35
CERRADURAS	pza	51.00	54.57	2,783.07
SISTEMA O MECANISMO	Juego	30.00	105.25	3,157.50
PINTURA				
PINTURA LATEX CIELO RASO	m2	1,007.46	11.50	11,585.79
PINTURA LATEX MUROS				
Pintura latex muros del 1° piso	m2	245.96	9.60	2,361.22
Pintura latex muros del 2° piso	m2	183.55	9.60	1,762.08

Pintura latex muros del 3° piso - 8° piso	m2	1,613.02	9.60	15,484.99
Pintura Latex en COLUMNAS Y PLACAS	m2	713.55	25.50	18,195.53
BALCON				
BARANDILLAS DE VIDRIO TEMPLADO Y ACERO INOXIDABLE a 1.20 m	ml	26.30	169.88	4,467.84
ALERO PROTECCIÓN DE LLUVIA	ml	26.30	66.54	1,750.00
ASENSOR				
CAJA DE ASENSOR VIDRIO TEMPLADO (1.70 x 1.70 m) (1° PISO - 8° PISO)	pza	1.00	110,500.00	110,500.00
INSTALACIONES SANITARIAS				
APARATOS SANITARIOS Y ACCESORIOS				
SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE APARATOS SANITARIOS				
APARATOS SANITARIOS	u	105.00	222.40	23,352.00
INSTALACIÓN DE APARATOS SANITARIOS	u	37.00	75.89	2,807.93
SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE ACCESORIOS				
RED DE DISTRIBUCIÓN	m	351.20	78.50	27,569.20
ACCESORIOS DE REDES				
CODOS PVC	pza	232.00	22.89	5,310.48
Yees de PVC	pza	35.00	25.90	906.50
Aditamentos Varios	pza	36.00	52.36	1,884.96
Registros	pza	27.00	143.58	3,876.66
Cámaras De Inspección	pza	6.00	125.36	752.16
SISTEMA DE AGUA FRÍA				
SALIDA DE AGUA FRÍA	pto	60.00	22.45	1,347.00
REDES DE DISTRIBUCIÓN	ml	571.73	12.48	7,135.19
ACCESORIOS DE REDES DE AGUA	pza	712.00	35.62	25,361.44
VÁLVULAS	pza	68.00	67.85	4,613.80
EQUIPO DE PRODUCCIÓN DE AGUA CALIENTE	u	6.00	98.15	588.90
EQUIPOS Y OTRAS INSTALACIONES	u	3.00	256.32	768.96
INSTALACIONES ELÉCTRICAS				
INSTALACIONES ELECTRICAS BAJA TENSION - INTERIORES				
CONEXIÓN A RED EXISTENTE	UND	1.00	855.00	855.00
MOVIMIENTO DE TIERRAS				
EXCAVACION DE ZANJAS DE 0.30X0.30M.	M3	81.00	16.17	1,309.77
RELLENO Y COMPACTADO DE ZANJA DE 0.30X0.30 M.	M3	121.50	19.59	2,380.19
ELIMINACION DE MATERIAL EXEDENTE	M3	40.50	24.52	993.06
CABLES				
CABLE CALIBRE N° 6	M	573.62	6.68	3,831.78
CABLE CALIBRE N° 8	M	759.85	7.25	5,508.91
CABLE CALIBRE N° 10	M	628.52	8.84	5,556.12
TUBERIAS				
TUBERIA DE 3/4" Ø PVC SAP	M	2,555.32	8.86	22,640.14
TUBERIA DE 1" Ø PVC SAP	M	1,825.23	9.95	18,161.04
TUBERIA DE 1 1/4" Ø PVC SAP	M	82.00	14.25	1,168.50
CAJAS				
CAJAS DE F°G DE 200X200X100 mm.	PZA	8.00	72.27	578.16
TABLEROS				
TG. 3Ø42 POLOS 1-160A. INCLUYE 3Ø 1-40A.+2Ø 5-40A.+ 2Ø 8-32A+ 2Ø 1-60A+2Ø 1-20A	UND	1.00	1,371.23	1,371.23
TABLERO DE DISTRIBUCION ST 1 18 POLOS INCLUYE DIFERENCIAL 30 mA	UND	1.00	1,238.36	1,238.36
TABLERO DE DISTRIBUCION ST 2 18 POLOS INCLUYE DIFERENCIAL 30 mA	UND	6.00	1,394.47	8,366.82
INSTALACION DE SALIDAS DE CIRCUITOS				
SALIDA A LUMINARIA	PTO	164.00	88.63	14,535.32
SALIDA A LUMINARIA - FAROLES	PTO	6.00	75.25	451.50
SALIDA PARA TOMACORRIENTE DOBLE CON PUESTA A TIERRA	PTO	102.00	68.25	6,961.50
SALIDA PARA TOMACORRIENTE ELECTRO BOMBA	PTO	2.00	152.26	304.52
INSTALACION DE SALIDAS DE CIRCUITOS - ILUMINACION				
INTERRUPTOR SIMPLE DE LUMINARIA	UND	83.00	12.94	1,074.02
INTERRUPTOR DOBLE DE LUMINARIA	UND	7.00	16.95	118.65
ARTEFACTOS DE ILUMINACION				
EQUIPO LUMINARIAS ADOSADA TECHO - RECTANGULAR	UND	120.00	68.69	8,242.80
EQUIPO LUMINARIAS ADOSADA TECHO - FOCO	UND	44.00	24.56	1,080.64
EQUIPO LUMINARIAS EXTERIORES - FAROLES	UND	6.00	112.36	674.16
POZO A TIERRA				
SISTEMA DE PUESTA A TIERRA	KIT	1.00	890.00	890.00
ACOMETIDA ELECTRICA				
ACOMETIDA ELECTRICA EN EL SISTEMA DE UTILIZACION EN MEDIA TENSION 10DV	GLB	1.00	1,650.00	1,650.00
			TOTAL:	1,758,504.16

Tabla 61.- Estimación Presupuesto detallada Edificio Aislada

EDIFICACION SIN AISLADOR	GRUPO DE CONTROL (Costo S/.)	USO SOFTWARE BIM (Costo S/.)	DIFERENCIA A ENTRE MET. BIM Y GRUPO DE CONTROL	DIFERENCIA EN FUNCIÓN AL GRUPO DE CONTROL (%)
1. OBRAS PROVISIONALES	S/. 28,961.77	S/. 25,282.93	S/. 3,678.84	12.70%
2. ESTRUCTURAS	S/. 758,572.72	S/. 773,197.01	S/. 14,624.29	1.89%
3. ARQUITECTURA	S/. 534,752.18	S/. 533,252.94	S/. 1,499.24	0.28%
4. INSTALACIONES SANITARIAS	S/. 106,275.18	S/. 104,125.77	S/. 2,149.41	2.02%
5. INSTALACIONES ELECTRICAS	S/. 109,942.19	S/. 107,222.68	S/. 2,719.51	2.47%
TOTAL	S/. 1,538,504.04	S/. 1,543,081.33	S/. 24,671.29	

Tabla 62.- Estimación Presupuesto General sin Aislador

EDIFICACION CON AISLADOR	GRUPO DE CONTROL (Costo S/.)	USO SOFTWARE BIM (Costo S/.)	DIFERENCIA ENTRE MET. BIM Y GRUPO DE CONTROL	DIFERENCIA EN FUNCIÓN AL GRUPO DE CONTROL (%)
1. OBRAS PROVISIONALES	S/. 28,961.77	S/. 25,282.93	S/. 3,678.84	12.70%
2. ESTRUCTURAS	S/. 972,639.12	S/. 988,619.84	S/. 15,980.72	1.62%
3. ARQUITECTURA	S/. 534,752.18	S/. 533,252.94	S/. 1,499.24	0.28%
4. INSTALACIONES SANITARIAS	S/. 106,275.18	S/. 104,125.77	S/. 2,149.41	2.02%
5. INSTALACIONES ELECTRICAS	S/. 109,942.19	S/. 107,222.68	S/. 2,719.51	2.47%
TOTAL	S/. 1,658,504.04	S/. 1,758,504.16	S/. 26,027.72	

Tabla 63.- Estimación Presupuesto General con Aislador

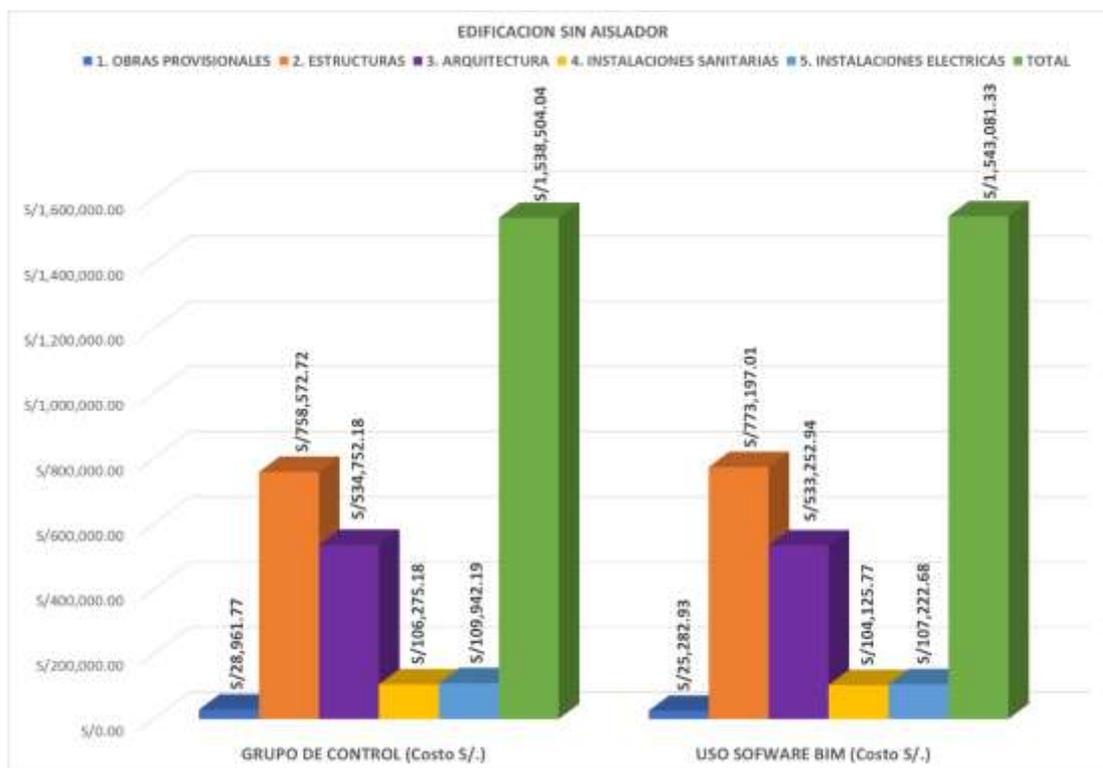


Gráfico 1: Presupuesto General sin Aislador

Fuente: Elaboración propia

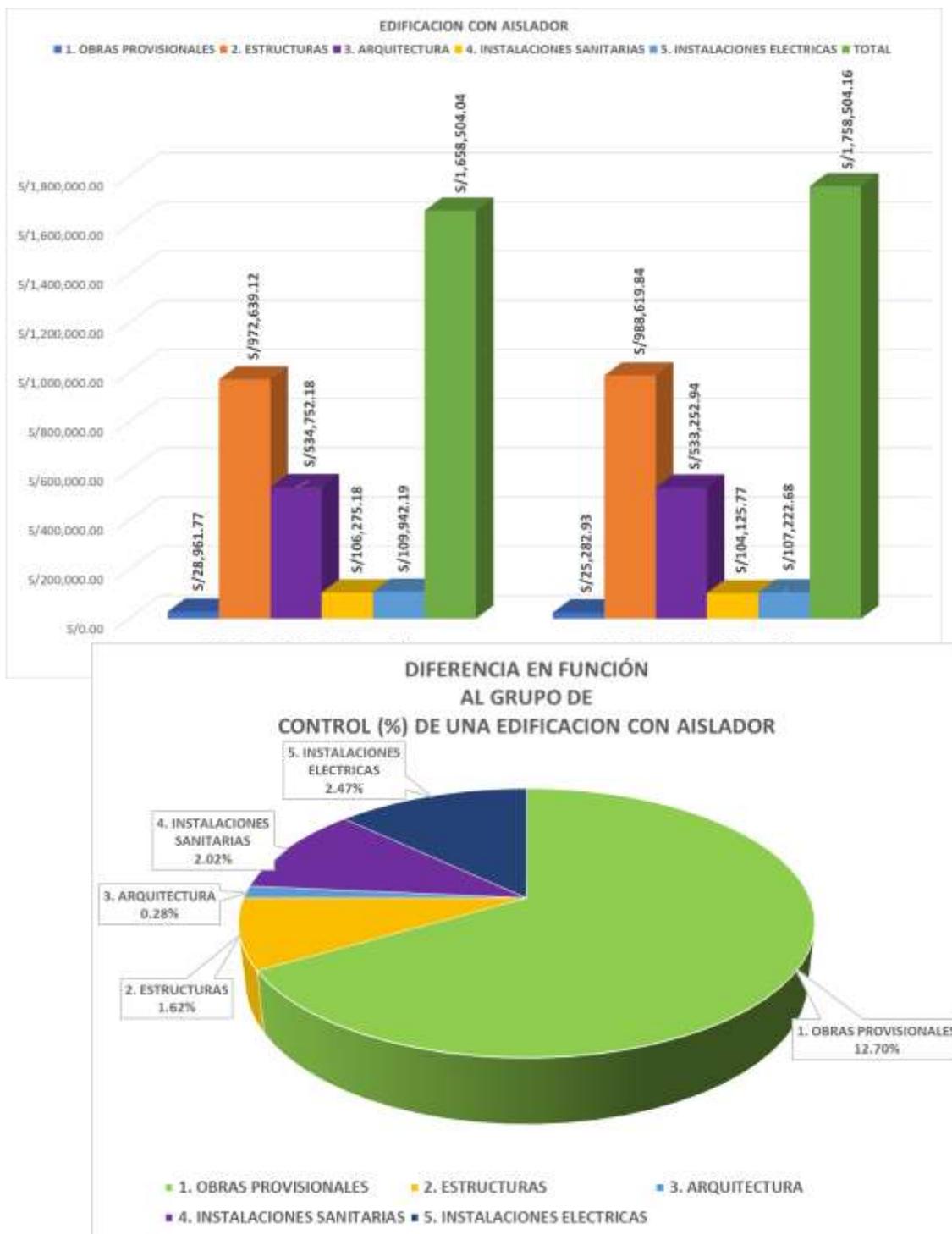


Gráfico 2: Presupuesto General con Aislador

Fuente: Elaboración propia

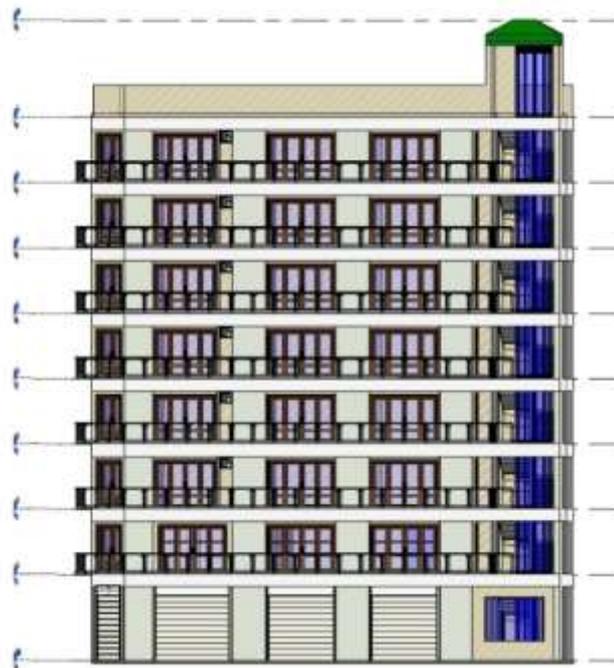


Gráfico 3: Vista 3D - Revit
Fuente: Elaboración propia

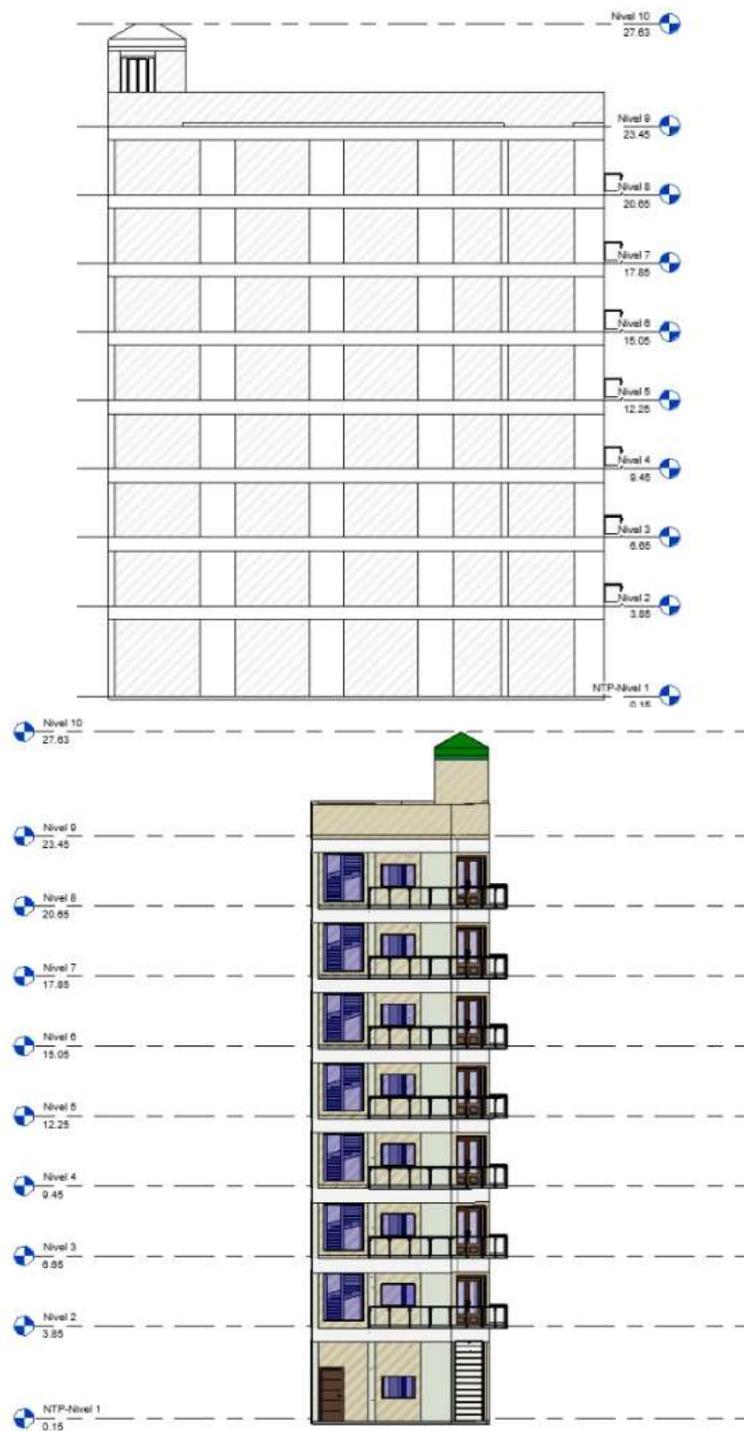


Gráfico 4: Vistas, cortes - Revit

Fuente: Elaboración propia



Gráfico 5: Vistas, cortes con Aislador de Núcleo de Plomo - Revit

Fuente: Elaboración propia



Gráfico 6: Vistas de Tipos Aisladores en el Mercado - Revit

Fuente: Elaboración propia

CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

4.1 Discusión

De los resultados obtenidos, se obtuvieron los periodos de la estructura convencional y de la estructura con base aislada, cumpliendo la norma E0.31 “Aislamiento sísmico” que nos indica que el periodo en base aislada debe ser por lo menos tres veces el periodo en base fija, generalmente se considera los 3 primeros modos de la estructura, dado que se encuentra el mayor porcentaje de las propiedades de la estructura, uno de los principios del aislamiento sísmico donde es incrementar el periodo para así poder lograr la reducción de la demanda en la estructura

Los autores Aguiar & Mendoza (2020) en la tesis nacional anteriormente mencionada detalla al comparar el Diseño tipo de aislador sísmico modelo T150G4 – G Elastomérico LRB, tomado del catálogo Bridgestone, determinando 29 capas de goma con un espesor de 8.7 mm cada una llegando a una altura total de goma de 252.3 mm, una altura de aislador de 455.5 mm, y una deformación de 236 %, los cuales cumplen para las características de nuestra estructura considerando su peso y sus periodos, dada derivas cumpliendo con la norma E.031, lo cual establece para estructuras aisladas una deriva máxima de 0.003 cumpliendo con los parámetros establecidos por la norma E.031 (Aislamiento Sísmico) ,por ellos los resultados y la forma de analizar las estructuras en estudio, son semejantes al análisis realizado en este trabajo de investigación, entonces se determina que el parámetro fue alcanzado.

Los autores Hernández, Fernández & Dávila (2015) en su tesis nacional anteriormente mencionada detalla los métodos de diseño vigentes para el caso de aisladores sísmicos de goma con núcleo de plomo (LRB). Para esto se estudiaron una serie de métodos de diseño propuestos en los reglamentos de construcción más conocidos, tales como el ASCE 7-10 y la norma chilena de diseño de aislamiento (NCH 257). Los resultados se presentaron y aplicaron al diseño de una estructura de concreto armado de cuatro niveles y su sistema de aislación. Encontrándose además que ante la acción de sismos con un nivel de peligro de 5% de excedencia en un periodo de 50 años, tanto los niveles de distorsión lateral como los de aceleración de entrepiso, disminuyeron sus valores al ser comparados con las correspondientes estructuras de base fija. En nuestra investigación por diseño del aislador dada su carga máxima axial fue de 599.Tn/f, con Rigidez efectiva de 248432.61 ton/m y amortiguamiento efectivo lineal de 15% ts/m

Los autores Domínguez & Moreno (2018) en su tesis nacional anteriormente mencionada detalla algunos elementos estructurales como muros estructurales en zonas que se requerían, estos permitieron minimizar los desplazamientos excesivos encontrados al realizar los análisis respectivos. La estructura solo conto con una irregularidad en planta esto redujo el factor de coeficiente sísmico en ambas direcciones $R_o = 6.3$ esto provoco un aumento en la fuerza cortante basal. Se realizó el cálculo de las áreas de acero y se elaboró los planos estructurales de los elementos de la superestructura y subestructura del edificio con las herramientas computacionales BIM: Autodesk Robot Structural y

el Revit 2018., por lo cual los resultados y la dirección en estudio, son semejantes y próximos al análisis realizado en este trabajo de investigación de $R_o = 6$

En el desarrollo del modelo BIM5D del edificio de ocho niveles, este modelo ayudó a que los procedimientos para actualizar y agilizar los cálculos sean más rápidos y efectivos, partiendo de la arquitectura diseñada en AutoCAD, y luego ser trasladada al Revit 2020, obteniendo el modelo BIM Arquitectura y posteriormente sus costos y presupuesto en función detallada y general. En su investigación Kuehmeier, (2013) menciona que “el BIM está diseñado para ser la conexión entre programas específicos usados por ingenieros estructuralistas, arquitectos, contratistas y vendedores. Basándose en programas que son interoperables el cual trabaja basadas en modelo de 3D, 4D Y 5D en forma eficiente y adecuada”

Los autores Suarez, Morales Garcia (2018) en su tesis internacional anteriormente mencionada detalla contribución del sistema de aislación a mejorar el comportamiento del edificio provocando que la superestructura se desplace como un cuerpo rígido, obteniéndose que los desplazamientos en el edificio aislado se redujeron un 78% con respecto al edificio convencional, además, este desplazamiento de cada piso estructurales será relativamente menor en comparación a la estructura convencional. Esto a su vez se traduce en una reducción de costos, lo cual compensaría considerablemente el aumento en el monto de la inversión inicial por el costo del sistema de materiales, lo cual en esta investigación cumple según la norma para distorsión del entrepiso igual a 0.007.

4.2 Conclusiones

El sistema tradicional presenta una deriva de 0.003 frente a lo estipulado por la norma de 0.007, con un porcentaje menor al 50% establecido por la norma, presentando una rigidez importante. En base al artículo 29 de la norma E0.30, se menciona que en cada una de las direcciones de análisis considera la fuerza cortante en el primer entrepiso determinado por análisis dinámico modal espectral no puede ser menor que el 80% de la fuerza cortante en el primer entrepiso según el método estático en el caso de estructuras regulares, ni menor que el 90% para el caso de estructuras irregulares. Como ya se ha podido evidenciar la edificación es irregular por lo que la verificación se hará con respecto al 90% de la fuerza cortante del primer entrepiso por método estático, cumpliendo según la Norma.

No existen irregularidades en altura, por lo que los coeficientes “Ia” para ambas direcciones serán iguales a la unidad.

Para diseño del aislador se tomaron las consideraciones de Dynamic Isolation Systems lo cual se realizó y se obtuvo los desplazamientos máximos en dirección X y Y de 18.253 y 18.909 respectivamente.

Las distorsiones para el caso del edificio con sistema tradicional y con sistema de aislamiento cumple según Norma de aislamiento, así como aplica una irregularidad torsional de 0.75.

El costo total de la inversión (Fase de Inversión más Fase Post Inversión) en el Edificio 8 niveles; a futuro y frente a un probable daño sísmico utilizando aislador resulta más económico con una variación porcentual al 0.27% del Presupuesto Total.

REFERENCIAS

- Aguiar y Mendoza (2020). “Análisis estructural con aisladores sísmicos para edificio destinado para la Facultad de Ingeniería Civil de la Universidad César Vallejo usando modelo BIM, Moche - Trujillo - La Libertad”. Universidad Cesar Vallejo. Facultad de Ingeniería y Arquitectura Perú
- Arriagada Rosas, J. A. (2005). “Aislación Sísmica de un Edificio de Oficinas de Siete Pisos. (Análisis Comparativo de Comportamiento y Costos con un Edificio Tradicional)”. (Tesis para título profesional). Universidad Austral de Chile, Valdivia, Chile
- García Santiago. (2017). “Análisis Comparativo del Comportamiento estructural de un Edificio de Concreto Reforzado con y sin Aislamiento sísmico en la Base” (Tesis de Master). Universidad Nacional Autónoma de México
- Hernandez Morales, & Fernandez-Davila, V. (2015). Análisis estructural de un edificio aislado sísmicamente y de su sistema de aislamiento. Lima: Universidad Nacional de Ingeniería: UNI
- Hernández, Scaletti. (2016). “Comportamiento sísmico de edificios aislados en la base en distintas etapas del proceso constructivo”. (Tesis de Pregrado). Universidad Nacional de Ingeniería, Lima Perú
- Suárez Rodríguez, D. A., Morales Garmendia, G. A., & García Rivera, R. V. (2016). Diseño de un edificio de 8 niveles sobre aisladores de base elastoméricos. (tesis de licenciatura). Universidad Nacional de Ingeniería, Managua

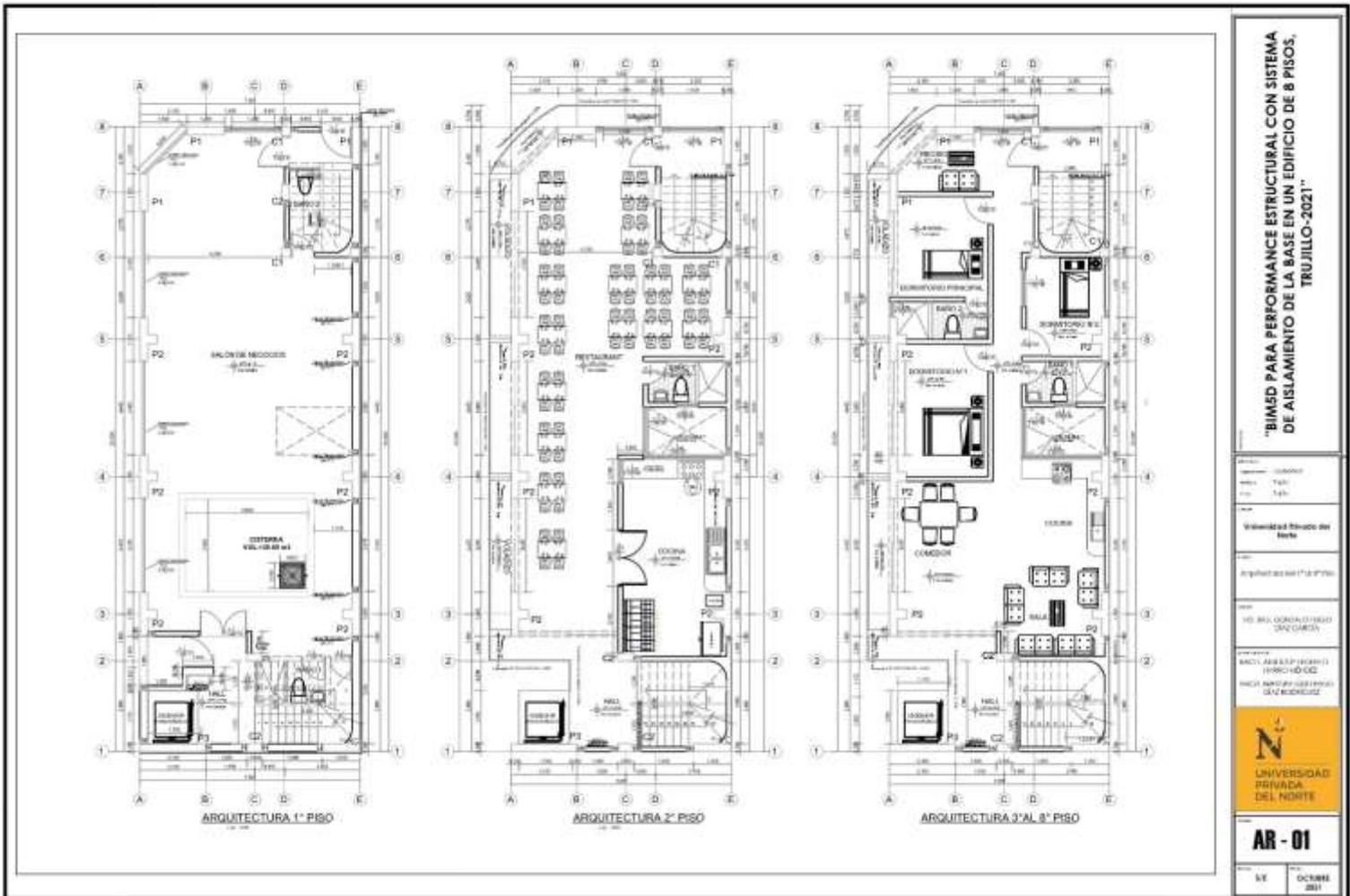
- Ramos Pincay, C. A. (2019). Análisis sísmico comparativo de un edificio de mediana altura, con base fija empotrada, y con aisladores sísmicos elastoméricos. Ecuador: Universidad Estatal del Sur de Manabí.
- Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (2018), Norma técnica de edificaciones. E .030. Diseño sismorresistente. Lima, Perú.
- Suarez, Morales y García (2016). “Diseño de un edificio de 8 niveles sobre aisladores de base elastoméricos”. (Tesis de Pregrado). Universidad Nacional de Ingeniería, Managua Nicaragua
- Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (2019) Norma Técnica E.031 Aislamiento Sísmico. Sencico. Lima, Perú.
- Leyton Bradley, M. (2017) “Implementación de aisladores sísmicos en un edificio de viviendas en Lima, Perú”. (Tesis para título profesional). Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima, Perú
- Lucen y Samokic. (2017). “Análisis Y Diseño Estructural Comparativo de un Edificio de Concreto Armado de Diez Pisos con Bases Fija y Aislada” (Tesis de Pregrado). Pontificia Universidad Católica del Perú, 2017.
- Korswagen Eguren, Paul Alexander, Arias Ricse, Julio César y Huaranga Huamaní, Pamela Grace. 2017. Análisis y Diseño de Estructuras con aisladores sísmicos en el Perú. Lima - Perú: Pontificia Universidad Católica del Perú, 2017.
- Kuehmeier Carl, Joseph. Building information modeling and it is impact on design and construction firms. Tesis (Master de ciencia en construcción de edificaciones). Florida: Universidad de Florida. 2008. 59p.

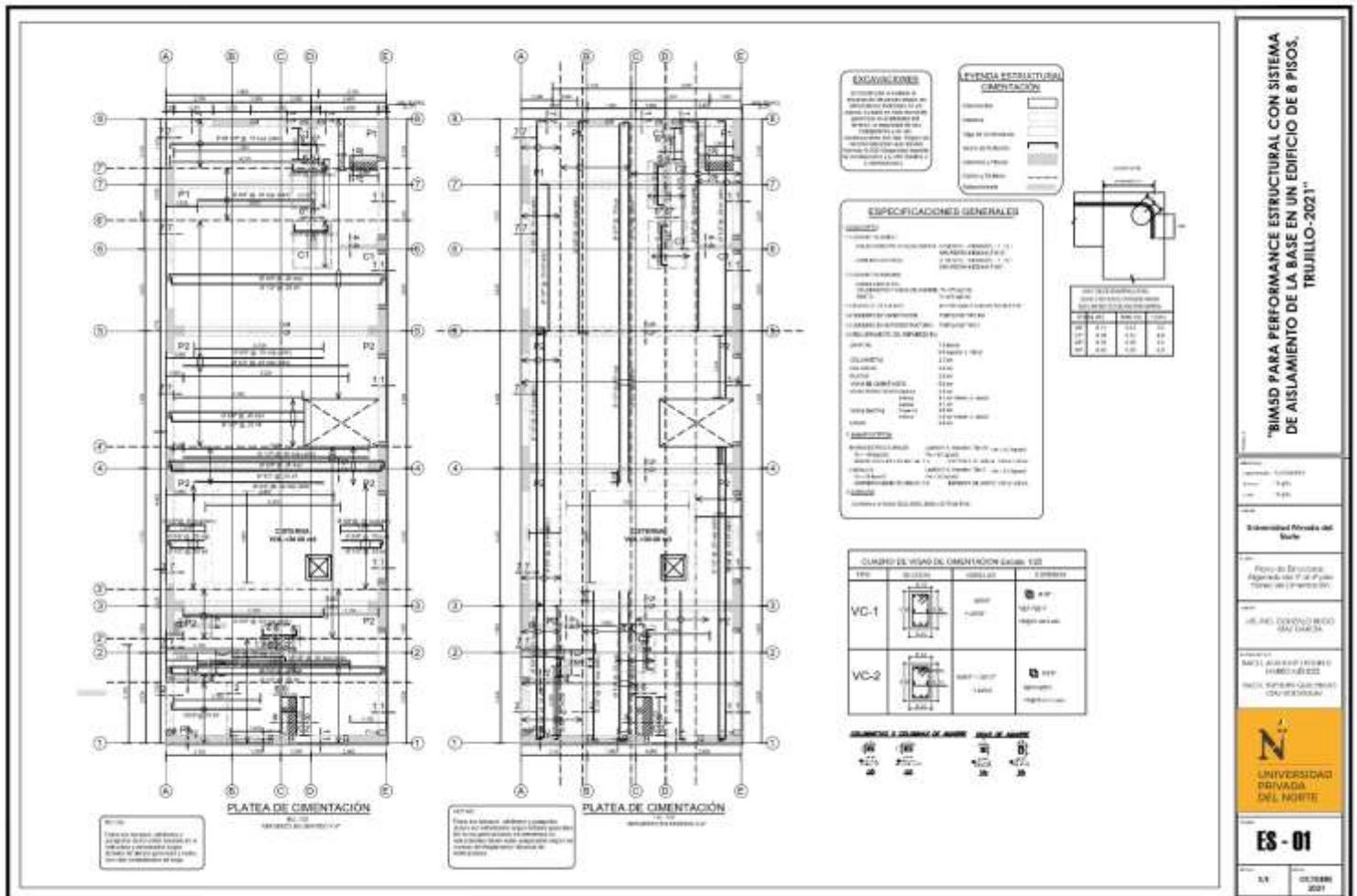
- Valerio Zacarías, J. J. (2015). “Análisis comparativo de un edificio fijo en la base vs un edificio aislado utilizando 4 tipos de aisladores sísmicos”. (Tesis de Master).

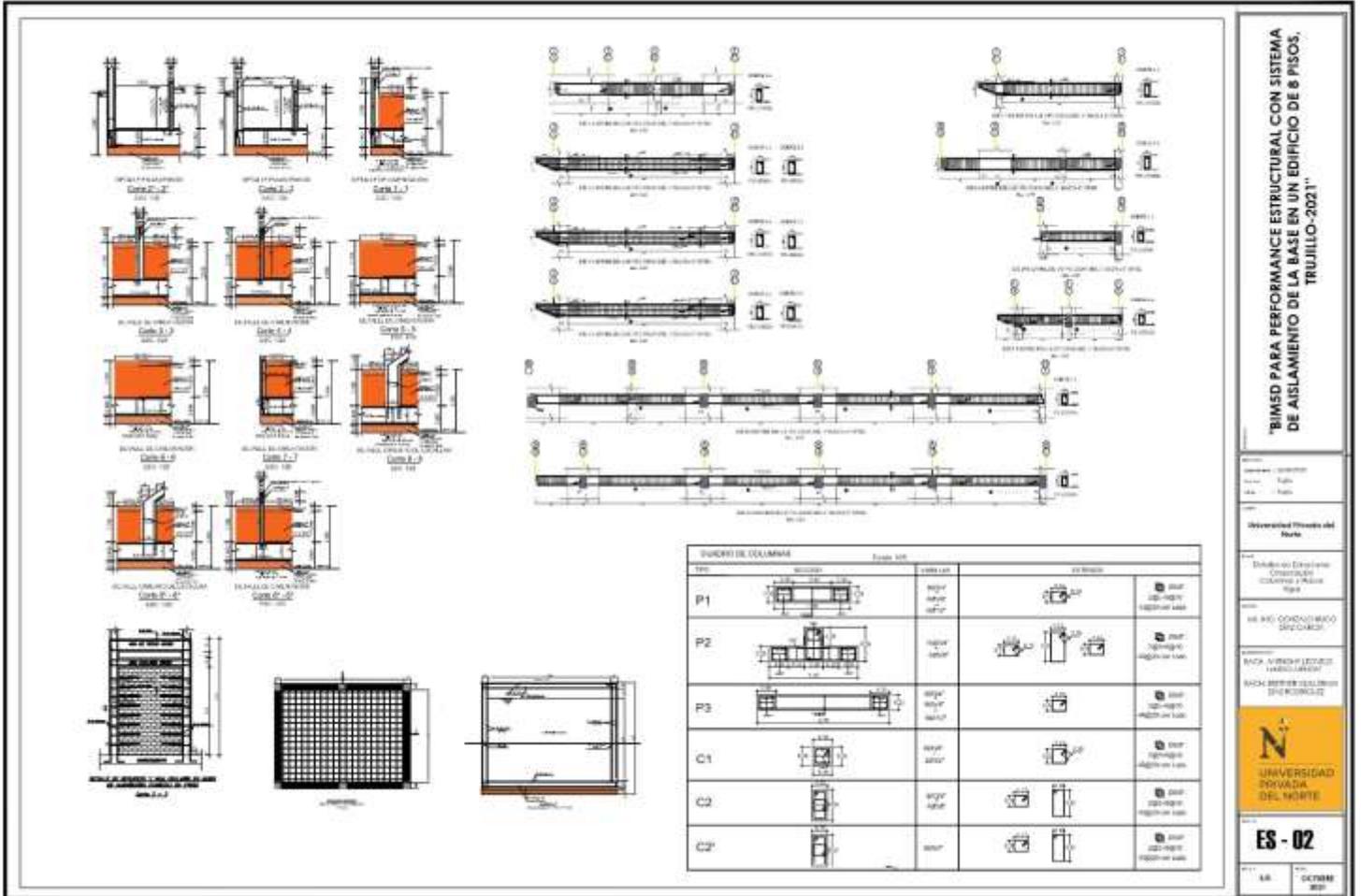
Universidad Politécnica de Cataluña, Barcelona, España

ANEXOS

- **ANEXO 1: ARQUITECTURA**
- **ANEXO 2: ESTRUCTURALES 1**
- **ANEXO 3: ESTRUCTURALES 2**
- **ANEXO 4: DETALLES DE AISLADOR**







"BIM5D PARA PERFORMANCE ESTRUCTURAL CON SISTEMA DE AISLAMIENTO DE LA BASE EN UN EDIFICIO DE 8 PISOS, TRUJILLO-2021"

Universidad Privada del Norte

Escuela de Ingeniería Civil

SEBIO - CONDOMINIO DEPARTAMENTAL

BACK - ANÁLISIS ESTRUCTURAL Y AISLAMIENTO DE LA BASE

BACK - SISTEMAS DE AISLAMIENTO DE LA BASE



UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE

ES - 02

LA. 01/2021

