

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL**



**PROCESO CONSTRUCTIVO DE UN SISTEMA DE
AISLAMIENTO SÍSMICO EN UN PROYECTO DE
EDIFICACIONES**

INFORME DE SUFICIENCIA

Para optar el Título Profesional de:

INGENIERO CIVIL

JOAN REGGY CARBAJAL VILLANUEVA

Lima- Perú

2015

	Nº Pág.
RESUMEN	3
LISTA DE FIGURAS	4
INTRODUCCIÓN	7
CAPÍTULO I: ASPECTOS GENERALES DE UN SISTEMA DE AISLAMIENTO SÍSMICO	8
1.1. AISLADORES SÍSMICOS	8
1.1.1. Composición de aisladores sísmicos	9
1.1.2. Tipos de aisladores sísmicos	10
1.1.3. Características de aisladores sísmicos	10
1.2. SISTEMA DE AISLAMIENTO SÍSMICO	11
1.2.1. Configuración de un sistema de aislamiento	12
1.2.2. Funcionamiento de un sistema de aislamiento sísmico	13
1.3. DESLIZADORES SÍSMICOS	14
1.3.1. Composición de deslizadores sísmicos	15
1.3.2. Características de deslizadores sísmicos-	16
CAPÍTULO II: PROCESO CONSTRUCTIVO DEL SISTEMA DE AISLAMIENTO SÍSMICO	17
2.1. PROYECTO EDIFICIO CORPORATIVO GRAÑA Y MONTERO-	17
2.1.1. Consideraciones de ingeniería	18
2.2. PROYECTO NUEVO CAMPUS UNIVERSITARIO UTEC	24
2.2.1. Consideraciones de ingeniería	25
2.3. PROCESO CONSTRUCTIVO	29
2.3.1. Sistema de encofrado de doble viga	29
2.3.2. Acero de viga inferior de aislamiento y pedestal	31
2.3.3. Colocación de plantilla de base de aisladores	32
2.3.4. Vaciado de vigas de nivel inferior de aislamiento	36
2.3.5. Montaje de aisladores sísmicos	40
2.3.6. Grout en base de aisladores sísmicos	43

2.3.7. Colocación de pernos superiores de aisladores sísmicos - - - - -	46
2.3.8. Fondo de viga del nivel superior de aislamiento - - - - -	47
2.3.9. Acero de vigas de nivel superior de aislamiento - - - - -	48
2.3.10. Torqueo de aisladores - - - - -	52
CAPÍTULO III: PRODUCTIVIDAD Y RESULTADOS DEL SISTEMA DE AISLAMIENTO SÍSMICO - - - - -	54
3.1. PLANEAMIENTO DE OBRA - - - - -	54
3.2. NÚMERO DE PLANTILLAS DE AISLADORES SÍSMICOS - - - - -	55
3.3. PROGRAMACIÓN DE GRÚA PARA MONTAJE DE AISLADORES SÍSMICOS - - - - -	57
3.4. MODELO BIM EN EL PROCESO CONSTRUCTIVO - - - - -	60
3.5. CUADRILLA TOPOGRÁFICA - - - - -	62
CAPÍTULO IV: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	64
4.1. CONCLUSIONES - - - - -	64
4.2. RECOMENDACIONES - - - - -	66
BIBLIOGRAFÍA	67
ANEXOS - - - - -	68

RESUMEN

El presente Informe de Suficiencia recopila la experiencia de la construcción de dos proyectos que contaron con un sistema de aislamiento sísmico, el primer proyecto con 28 aisladores y el segundo con 145 aisladores, de donde se pudo documentar el proceso constructivo y sus principales consideraciones. Es importante la descripción de los elementos que intervienen en un sistema de aislamiento sísmico, por lo cual se procede a explicar el comportamiento de forma teórica y el funcionamiento del mismo, esto se da en el primer capítulo.

Abordamos las consideraciones de ingeniería que se tienen en los proyectos descritos con aisladores sísmicos, enfocándose en cómo impacta a la estructura este nuevo sistema, para luego exponer paso a paso las consideraciones y recomendaciones para la construcción del sistema de aislamiento sísmico, luego finalizamos el informe con los resultados de productividad de mano de obra en las partidas involucradas así como el impacto en el proceso de construcción del sistema de aislamiento sísmico.

Teniendo en cuenta que los proyectos venideros en el sector de la construcción utilizarán cada vez más este sistema, el presente informe será de gran ayuda de forma práctica para los interesados en el tema.

LISTA DE FIGURAS

	Nº Pág.
Figura Nº 1. Aisladores sísmicos - - - - -	8
Figura Nº 2. Composición de aisladores sísmicos- - - - -	9
Figura Nº 3. Pernos superiores colocados - - - - -	10
Figura Nº 4. Sistema de aislamientos sísmico - - - - -	11
Figura Nº 5. Nivel de aislamiento - - - - -	12
Figura Nº 6. Nivel superior e inferior de aislamiento - - - - -	13
Figura Nº 7. Comparación de edificios con sistema de aislamiento y sin sistema de aislamiento sísmico - - - - -	14
Figura Nº 8. Deslizador sísmico - - - - -	15
Figura Nº 9. Composición de un deslizador sísmico - - - - -	16
Figura Nº 10. Nuevo Edificio Corporativo Graña y Montero - - - - -	17
Figura Nº 11. Columnas perimetrales adicionales - - - - -	19
Figura Nº 12. Juntas sísmicas - - - - -	19
Figura Nº 13. Refuerzo en muros anclados - - - - -	20
Figura Nº 14. Nivel adicional de vigas - - - - -	21
Figura Nº 15. Aislamiento de ascensores - - - - -	21
Figura Nº 16. Deslizador sísmico - - - - -	22
Figura Nº 17. Proyecto inicial con placas en pisos superiores - - - - -	23
Figura Nº 18. Proyecto aislado - - - - -	23
Figura Nº 19. Nuevo Campus Universitario UTEC - - - - -	24
Figura Nº 20. Ensanche de vigas en nivel de aislamiento - - - - -	25
Figura Nº 21. Ubicación de nivel de aislamiento en elevación - - - - -	26
Figura Nº 22. Planta de distribución de aisladores - - - - -	27
Figura Nº 23. Ubicación de deslizadores sísmicos - - - - -	27
Figura Nº 24. Aislamiento de caja de ascensores - - - - -	28
Figura Nº 25. Doble nivel de vigas en modelo BIM - - - - -	29
Figura Nº 26. Sistema de apuntalamiento del nivel de aislamiento --	30
Figura Nº 27. Fondo de viga de aislamiento - - - - -	30
Figura Nº 28. Nudo de aislamiento - - - - -	31
Figura Nº 29. Acero de vigas del nivel inferior de aislamiento - - - - -	31

Figura Nº 30.	Plantillas para ubicación de pernos inferiores de aisladores- - - - -	32
Figura Nº 31.	Izaje de plantillas para base de aisladores - - - - -	33
Figura Nº 32.	Nivelación de plantillas de aisladores - - - - -	34
Figura Nº 33.	Plantillas de aisladores instaladas en pedestales - - - -	35
Figura Nº 34.	Nivel inferior de aislamiento con pedestales instalados listo para recibir el concreto - - - - -	35
Figura Nº 35.	Vaciado de nivel inferior de aislamiento - - - - -	36
Figura Nº 36.	Vaciado de vigas de aislamiento y nivelación de plantillas - - - - -	37
Figura Nº 37.	Vaciado pedestales de apoyo de aisladores - - - - -	37
Figura Nº 38.	Retiro de plantillas de aisladores - - - - -	38
Figura Nº 39.	Retiro de plantillas de aisladores - - - - -	39
Figura Nº 40.	Pernos inferiores en el post vaciado - - - - -	40
Figura Nº 41.	Izaje de aisladores con Grúa Torre - - - - -	41
Figura Nº 42.	Montaje de aisladores sísmicos - - - - -	41
Figura Nº 43.	Aisladores sísmicos instalados - - - - -	42
Figura Nº 44.	Vista de aisladores instalados - - - - -	43
Figura Nº 45.	Encofrado para grouteado de aisladores - - - - -	44
Figura Nº 46.	Aplicación directa de grout - - - - -	45
Figura Nº 47.	Embudo preparado en obra para aplicación de grout - -	45
Figura Nº 48.	Aplicación de grout con embudo - - - - -	46
Figura Nº 49.	Colocación de pernos superiores en aisladores sísmicos - - - - -	46
Figura Nº 50.	Pernos superiores colocados - - - - -	47
Figura Nº 51.	Colocación de fondo de viga - - - - -	47
Figura Nº 52.	Fondo de viga armado - - - - -	48
Figura Nº 53.	Izaje de columna prearmada - - - - -	49
Figura Nº 54.	Colocación de columna prearmada sobre aislador sísmico - - - - -	49
Figura Nº 55.	Colocación de pedestal prearmado sobre aislador sísmico - - - - -	50
Figura Nº 56.	Planta general armado del nivel superior de aislamiento - - - - -	51

Figura Nº 57.	Vaciado de nivel superior de aislamiento- - - - -	51
Figura Nº 58.	Torquímetro y tope para la aplicación sobre pernos de aisladores - - - - -	52
Figura Nº 59.	Aplicación de torque sobre pernos de aisladores (1) - -	53
Figura Nº 60.	Aplicación de torque sobre pernos de aisladores (2)- - -	53
Figura Nº 61.	Planta de sectorización de trabajo - - - - -	54
Figura Nº 62.	Cuadro de tren de trabajo - - - - -	55
Figura Nº 63.	Colocación de plantillas de aisladores - - - - -	55
Figura Nº 64.	Plantilla de aisladores - - - - -	56
Figura Nº 65.	Izaje de prearmados de acero - verticales - - - - -	57
Figura Nº 66.	Izaje de prelosas - - - - -	58
Figura Nº 67.	Izaje de prearmados de encofrado - - - - -	59
Figura Nº 68.	Tiempos de izaje - - - - -	60
Figura Nº 69.	Nudo de aislamiento en obra - - - - -	61
Figura Nº 70.	Nudo de aislamiento en el modelo BIM - - - - -	61
Figura Nº 71.	Cuadrilla de topografía antes del vaciado - - - - -	62
Figura Nº 72.	Cuadrilla de topografía durante el proceso de vaciado -	63
Figura Nº 73.	Cuadrilla de topografía durante el post vaciado - - - - -	63

INTRODUCCIÓN

En los últimos años, la construcción ha venido desarrollándose a grandes pasos a nivel de Latinoamérica y el Perú, ante esto se ha venido desarrollando cada vez proyectos más grandes que buscan hacer la diferencia no solo con mejoras en el proceso constructivo enfocado a costo y plazo, si no también, se va enfocando la importancia del desempeño, funcionamiento y mantenimiento final de la estructura para con el cliente y usuario final. Un nuevo sistema enfocado a resguardar el correcto funcionamiento y desempeño de la estructura ante movimientos sísmicos surge como alternativa en países altamente sísmicos como el caso de Japón, Chile, Estado Unidos y Perú; el sistema de aisladores sísmicos, usado desde hace muchos años en Japón, Estados Unidos y Chile ha entrado en el mercado peruano, posicionándose bajo el enfoque del aseguramiento de estructuras esenciales e importantes tales como universidades, oficinas y viviendas reduciendo la fuerza sísmica en la estructura aislada del edificio.

Al ser una nueva tecnología el sistema de aislamiento sísmico, hay pocas experiencias desarrolladas en el Perú con la realidad de la construcción del País, ante este nuevo procedimiento constructivo es necesario identificar las principales consideraciones constructivas de tener un sistema de aislamiento sísmico en un edificio de vivienda tradicional desde la mano de obra, equipos, rendimientos, productividad y tiempos para llevar a cabo dicho sistema ya que la incorporación de este sistema será típico cada vez más en proyectos de edificaciones.

El presente informe aborda y describe un sistema de aislamiento sísmico en base a dos experiencias constructivas, mencionando paso a paso las principales consideraciones que se deben tener en cuenta al momento de la construcción, yendo desde un marco teórico al marco práctico.

CAPÍTULO I: ASPECTOS GENERALES DE UN SISTEMA DE AISLAMIENTO SÍSMICO

El objetivo de este capítulo es dar a conocer los aspectos generales de un sistema de aislamiento en un proyecto de edificaciones, sus principales características y consideraciones desde la concepción y a lo largo del proceso constructivo del mismo, basado en la experiencia de construcción de dos edificios con aisladores sísmicos.

En una primera parte se presenta la descripción, uso, principales características y tipos de aisladores sísmicos. En seguida se muestra las características generales de un nivel de aislamiento en una estructura con aisladores sísmicos.

1.1. AISLADORES SÍSMICOS

Los aisladores sísmicos son dispositivos que permiten a las edificaciones tener una mayor tolerancia ante eventos sísmicos, de manera tal que el impacto de dichos eventos, disminuya respecto a los daños que pueda ocasionarle a la edificación.



Figura N°1.- Aisladores sísmicos

1.1.1 Composición de aisladores sísmicos

Consiste en un conjunto de láminas de caucho y acero colocadas alternadamente y adheridas entre sí, formando un dispositivo con una gran flexibilidad horizontal y una gran rigidez vertical, esto debido a que los movimientos sísmicos producen el movimiento horizontal de los aisladores, dirección en la cual poseen flexibilidad, en cambio en la dirección vertical poseen una gran rigidez ya que es la dirección donde recae todo el peso de la estructura que se aísla.

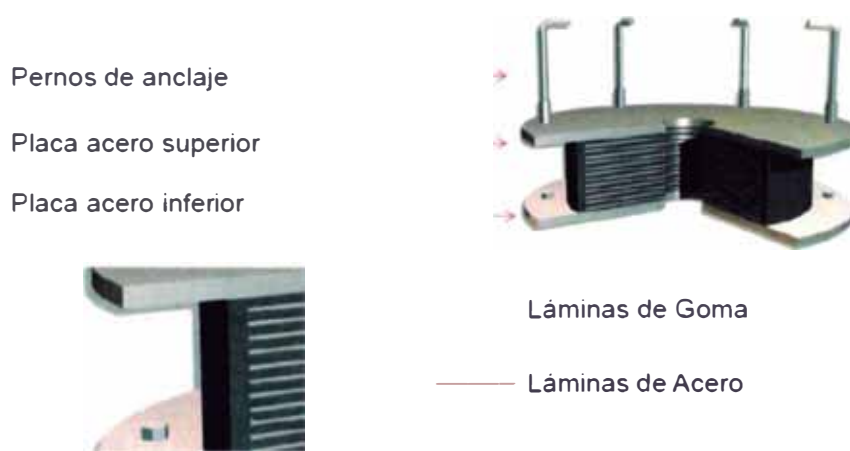


Figura N°2.- Composición de aisladores sísmicos

En la Figura N°2 podemos ver los pernos de anclaje superiores, los cuales también van en la parte inferior, estos pernos se dejan embebidos en el acero antes de realizar el vaciado, su función principal es de garantizar la fijación del aislador a la estructura tanto por la parte inferior como por la parte superior, estos pernos también contribuyen en los esfuerzos de corte que se generan en esta superficie ante la ocurrencia de eventos sísmicos. Podemos ver su colocación en obra en la Figura N°3.



Figura N°3.- Pernos superiores colocados

1.1.2 Tipos de aisladores sísmicos

- Aisladores de caucho con placas de acero
- Aisladores de caucho y núcleo de plomo
- Aisladores con alto amortiguamiento
- Aisladores con amortiguadores compuestos

1.1.3 Características de aisladores sísmicos

Los aisladores sísmicos tienen distintas presentaciones y dependen únicamente del diseño estructural, el cual nos da características como el diámetro del aislador, así como la altura del mismo, sin embargo como promedio de los aisladores usados en obras recientes de edificaciones en Lima, tenemos aisladores con 0.70, 0.80, 0.90 y 1.00 m de diámetro y respecto a la altura, contamos con aisladores de 0.80, 0.90 y 1.00 m de alto en promedio, las planchas cuadradas que van en la parte superior e inferior del aislador son más grandes, alrededor de 1.20 a 1.50 m. esto para tener mayor área en contacto con la estructura inferior y superior lo cual asegura la fijación del aislador con la estructura.

Respecto al peso de los aisladores depende del tamaño de éstos, normalmente oscilan entre 400 a 700 Kg, por lo cual el proceso de montaje de estos dispositivos requiere de equipos para su izaje y colocación, de este tema hablaremos a detalle en el capítulo II.

1.2. SISTEMA DE AISLAMIENTO SÍSMICO

El concepto del sistema de aislamiento para un edificio con niveles de sótanos, es aislar los niveles de los pisos superiores de los niveles de sótanos, ya que al producirse un sismo, las ondas sísmicas viajan a través del suelo llegando directamente a los sótanos, quienes a su vez transmiten el movimiento a los pisos superiores, es por esto que aplicando este sistema, se divide literalmente la estructura de sótanos de la de los pisos superiores, para esto se requiere ejecutar un doble nivel de vigas que unen todas las columnas, tanto a nivel de sótanos desde como a nivel de pisos superiores, entre este doble nivel de vigas se colocan los aisladores sísmicos apoyándose entre capiteles que nacen de cada nudo de encuentro de vigas y columnas.



Figura N°4.- Sistema de aislamiento sísmico

En esta parte abordaremos la descripción de un sistema de aislamiento sísmico, compuesto por un grupo de aisladores instalados en un nivel doble de vigas de concreto armado, este doble nivel de vigas recibe el nombre de nivel de aislamiento. Podemos ver a más detalle la descripción anterior en la figura N°5.

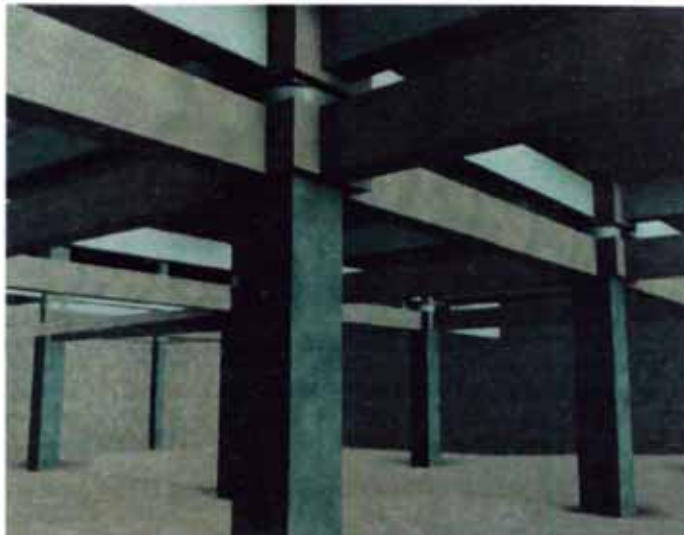


Figura N°5.- Nivel de aislamiento

1.2.1. Configuración de un sistema de aislamiento

La configuración y ubicación de un sistema de aislamiento respecto al edificio depende del diseño estructural del proyecto, sin embargo; la ubicación de un aislador estará sobre una columna o placa que viene desde la cimentación y sobre esta columna o placa un pedestal con un ensanche, es sobre este pedestal donde se ubicará el aislador, esto implica que las columnas o placas que vienen desde la cimentación terminen bajo el aislador.

En este nivel de vigas que corona las columnas y placas que nacen desde la cimentación recibe el nombre de nivel inferior de aislamiento.

Sobre el nivel inferior de aislamiento se instala el aislador y sobre éste vuelven a nacer las columnas o placas de los pisos superiores también apoyadas sobre pedestales, este nuevo nivel también se conecta con vigas el cual recibe el nombre de nivel superior de aislamiento.



Figura N°6.- Nivel superior e inferior de aislamiento

1.2.2. Funcionamiento de un sistema de aislamiento sísmico

Como se mencionó en el punto anterior, la ubicación del nivel de aislamiento en un edificio, depende exclusivamente del diseño estructural, ya que este nivel de aislamiento sísmico busca reducir el impacto de la fuerza sísmica en el edificio, por lo cual lo más común es ubicar dicho nivel al nivel de la calle o el nivel ± 0.00 , es decir; en una edificación con determinado número de sótanos y determinado número de pisos superiores, dicho nivel de aislamiento se ubicará en entre el piso 1 y el sótano 01, esto es debido a que las ondas sísmicas se propagan a través del terreno, por ende el edificio recibe el impacto sísmico en su cimentación y sótanos que están en contacto con el terreno e inmediatamente después esta fuerza se propaga a los pisos superiores, es aquí donde acciona el sistema de aislamiento, ya que al estar dicho sistema entre los sótanos y los pisos superiores, la fuerza sísmica llegará al nivel de los aisladores y estos disiparán la energía sísmica hasta en un 80% con su movimiento horizontal, llegando la fuerza sísmica reducida a los pisos superiores.

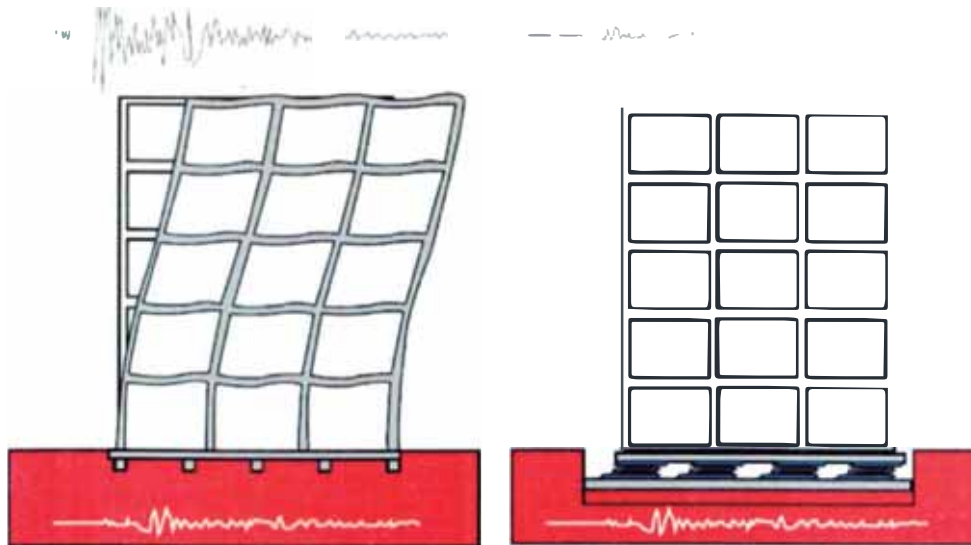


Figura N°7.- Comparación de edificios con sistema de aislamiento y sin sistema de aislamiento sísmico

En la Figura N°7 podemos observar al lado izquierdo un edificio típico, sin sistema de aislamiento sísmico, podemos ver el impacto de la fuerza sísmica y por ende el desplazamiento de los pisos superiores, lo que finalmente se traduce en daños para la estructura y perjuicios en el mobiliario interno. Al lado derecho vemos un edificio con un sistema de aislamiento sísmico, en el cual se observa que la fuerza sísmica proveniente del terreno es la misma que la imagen del lado izquierdo, sin embargo ésta se disipa cuando llega al sistema de aislamiento a través de los aisladores y finalmente la fuerza sísmica que llega a los pisos superiores es mínima.

1.3. DESLIZADORES SÍSMICOS

En los puntos anteriores hemos adentrado a los aspectos generales de un sistema de aislamiento sísmico, sin embargo; existen otros dispositivos que acompañan y aseguran el correcto funcionamiento estructural de un sistema de aislamiento, estos dispositivos son los deslizadores o "sliders" que describiremos a continuación.



Figura N°8.- Deslizador sísmico

1.3.1. Composición de deslizadores sísmicos

El sistema de deslizadores sísmicos está compuesto por un deslizador articulado sobre una superficie de acero inoxidable. La parte del apoyo articulado que está en contacto con la superficie esférica, está rodeada por una película de un material compuesto de baja fricción Tefón (Politetrafluoroetileno) como se observa en la Figura N°9.

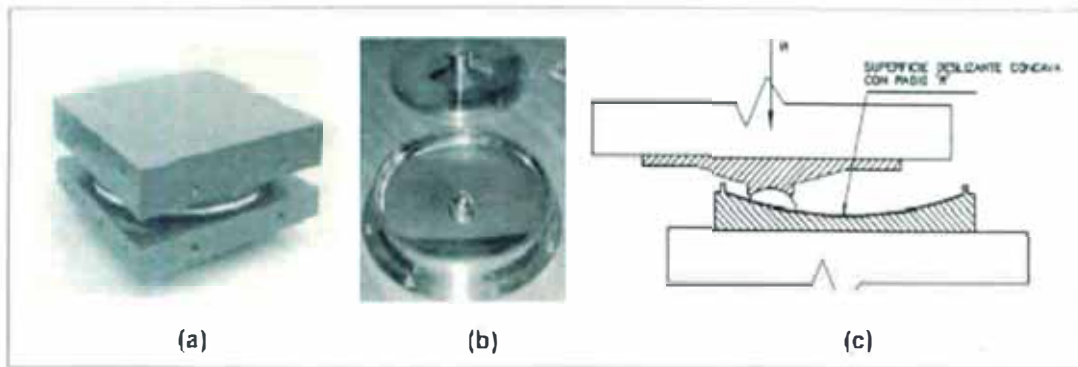


Figura N°9.- (a) Vista exterior. (b) Componentes internos. (c) Esquema de una sección transversal

La fuerza impuesta hace que se produzca desplazamiento en las direcciones horizontal y vertical, cuando esta fuerza desaparece se genera la fuerza restauradora, generando que el deslizador regrese al centro de la concavidad, el movimiento para cuando la fricción es igual o más grande que el componente de la carga vertical aplicada.

Los deslizadores sísmicos no necesariamente son instalados en el nivel de aislamiento donde se encuentran los aisladores sísmicos, estos irán instalados bajo una estructura que este aislada

1.3.2. Características de deslizadores sísmicos

Los deslizadores sísmicos no necesariamente son instalados en el nivel de aislamiento donde se encuentran los aisladores sísmicos, estos irán instalados bajo una estructura en particular que está aislada sísmicamente dentro de toda la edificación, podemos nombrar como ejemplos cajas de ascensores que tienen una transición con los pisos superiores y sótanos que son estructuras aisladas y no aisladas, para tal caso solo es necesario que la caja de ascensores acompañe el movimiento de la estructura aislada. Se puede nombrar también estructuras de rampas vehiculares independientes y aisladas sísmicamente que necesitan deslizadores sísmicos. Abordaremos más a detalle los casos de instalación de los deslizadores sísmicos en el capítulo II.

CAPÍTULO II: PROCESO CONSTRUCTIVO DEL SISTEMA DE AISLAMIENTO SÍSMICO

En este capítulo abordaremos la experiencia propia de la construcción de dos edificios con aisladores sísmicos, construidos en la ciudad de Lima, cada proyecto con sus propias características estructurales. Se enumerará el orden en el proceso constructivo de un nivel de aislamiento sísmico y las consideraciones en la construcción.

2.1. PROYECTO EDIFICIO CORPORATIVO GRAÑA Y MONTERO

El Nuevo Edificio Corporativo Graña y Montero es la nueva sede de oficinas del grupo de Ingeniería y Construcción “Graña y Montero” ubicado en la Av. Petit Thouars en el distrito de Miraflores, construido sobre un área de 1,680 m² y 17,000 m² de área construida, consta de siete niveles superiores y cuatro niveles de sótano.



Figura N°10.- Nuevo edificio corporativo Graña y Montero

El proyecto fue concebido inicialmente como un edificio de oficinas típico, sin consideraciones de aislamiento sísmico. Por permisos municipales no se tuvo el proyecto listo para iniciar su construcción en la fecha prevista, esta demora hizo que se generara una revisión al proyecto de parte del Cliente, buscando la forma de agregarle valor al proyecto, es aquí donde se concibe la idea de incluir aisladores al proyecto que ya estaba diseñado de manera típica.

Esta inclusión del sistema de aislamiento sísmico incluyen las vigas del nivel inferior de aislamiento de 0.40x0.60 m con capiteles inferiores de 1.20x1.20m y 0.60m de altura, así mismo las dimensiones de las vigas del nivel superior de aislamiento son de 0.40x0.80 m con capiteles superiores de 0.90m de altura con las mismas dimensiones en planta que el nivel inferior de aislamiento.

En este proyecto se instalaron 28 aisladores sísmicos de 3 tipos, que varían por el diámetro altura y la carga que soportan, que van de 0.60m de altura y dimensiones en planta de 0.95x0.95m, 1.00x1.00m y 1.10x1.10m, según el área tributaria de carga de cada columna sobre la cual se coloquen se especificará cada modelo de aislador, así también los planos de distribución de los aisladores se pueden ver a más detalle en anexos.

2.1.1. Consideraciones de ingeniería

Columnas adicionales

El proyecto original tenía una cantidad de columnas centradas y en niveles de sótanos las vigas se arriostraban a los muros anclados, sin embargo, debido a la inclusión de aisladores sísmicos al edificio, estos se apoyan en todas las columnas, además de esto era necesario adicionar columnas de borde o perimetrales para que sirvan de apoyo a los aisladores sísmicos.

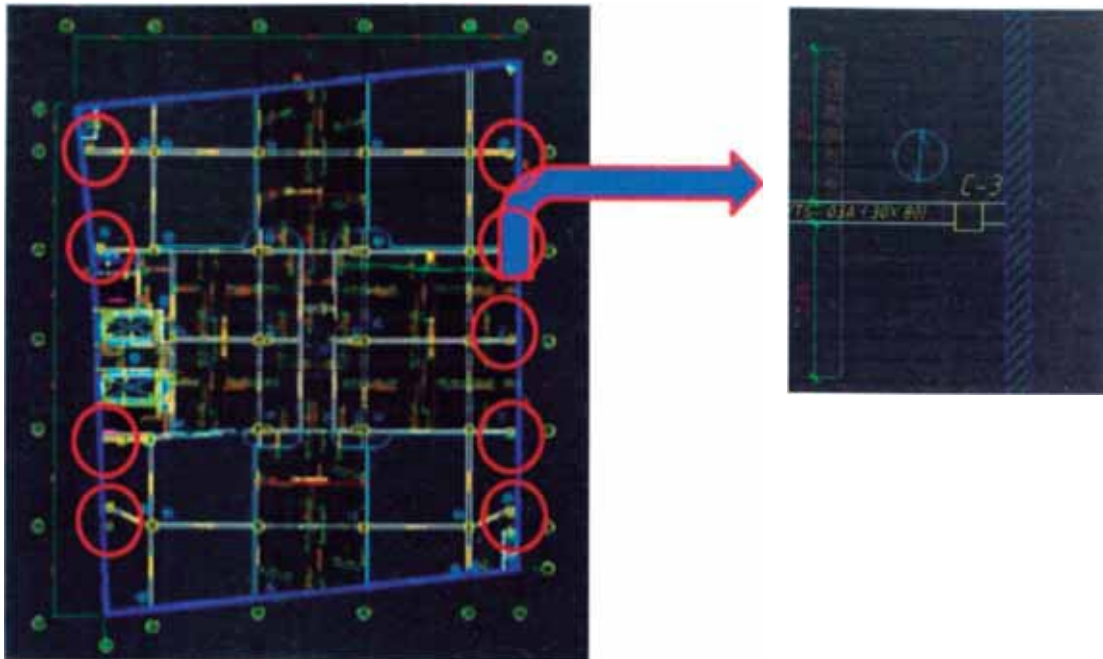


Figura N°11.- Columnas perimetrales adicionales

Juntas Sísmicas

Se modificó los perímetros de la losa del nivel 0.00 agregando juntas sísmicas de aislamiento, así como un retiro de 27.5 cm a las losas de los pisos superiores respecto a las edificaciones vecinas.



Figura N°12.- Juntas Sísmicas

Refuerzo en muros anclados

Debido a la cercanía de los nuevos aisladores sísmicos perimetrales a los muros anclados fue necesario dejar una ventana en los muros anclados con un refuerzo diagonal adicional, esto para evitar que ante un movimiento sísmico el aislador impacte con el muro anclado.

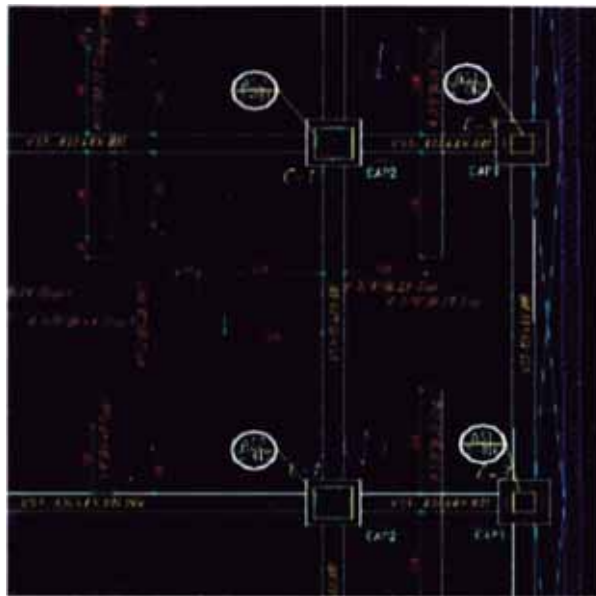


Figura N°13.- Refuerzo en muros anclados

Nivel adicional de vigas

Debido a la inclusión de un sistema de aislamiento sísmico, al techo tradicional del sótano 1 se le adicionó un nivel de vigas lo que nos da el nivel superior e inferior de vigas de aislamiento, el nivel inferior de vigas es la base de los aisladores y el nivel superior es la base de los pisos superiores, es en este nivel donde vuelven a nacer las columnas de los pisos superiores.

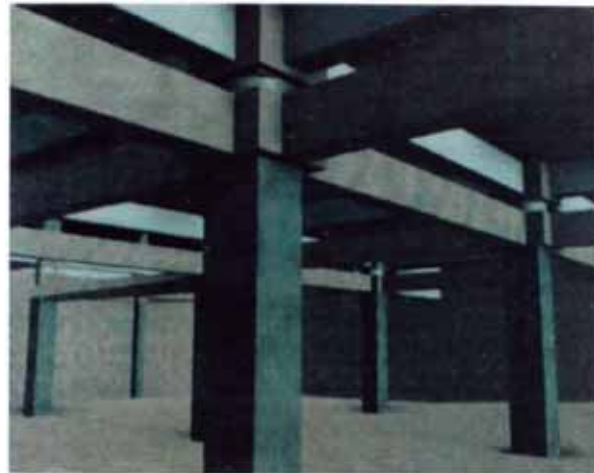


Figura N°14.- Nivel adicional de vigas

Aislamiento de ascensores

En este proyecto las 02 cajas de ascensores están aisladas sísmicamente, es decir; están unidas a los pisos superiores y aisladas de la estructura de los sótanos, por lo cual en todos los sótanos se tiene una junta sísmica alrededor de todo el contorno de la caja de los ascensores, la junta por desplazamiento sísmico es de 27.5 cm.



Figura N°15.- Aislamiento de ascensores

Deslizadores Sismicos

En este proyecto los ascensores son estructuras que también están aisladas al igual que los pisos superiores, sin embargo la estructura de los ascensores se extienden hasta los sótanos, por lo cual estas cajas están literalmente colgando de la estructura superior. Para acompañar el movimiento de la estructura aislada se ubican los deslizadores en el pit de los ascensores, 04 en cada caja de ascensor.



Figura N°16.- Deslizador sísmico

Eliminación de placas en pisos superiores

Como ya se mencionó en un principio, el proyecto inicial fue concebido como una estructura convencional sin aislamiento sísmico, con placas y reforzamiento estructural en pisos superiores considerando fuerzas sísmicas

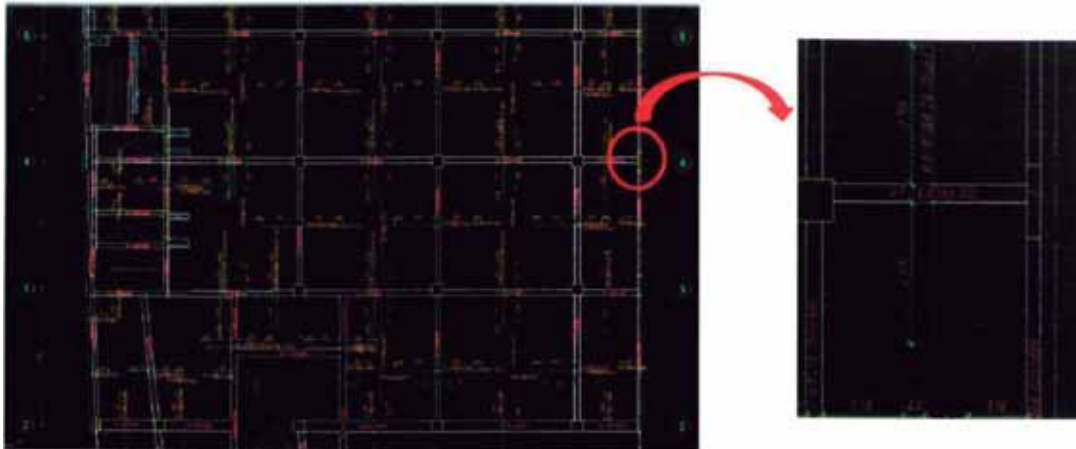


Figura N°17.- Proyecto inicial con placas en pisos superiores

Tras la revisión integral del proyecto para la inclusión del sistema de aislamiento, se revisaron los esfuerzos a los cuales serían sometidos los pisos superiores, esta vez, sin fuerza sísmica, con lo cual se eliminaron las placas perimetrales pasando a ser columnas perimetrales, así como la disminución de la cuantía de acero en general.

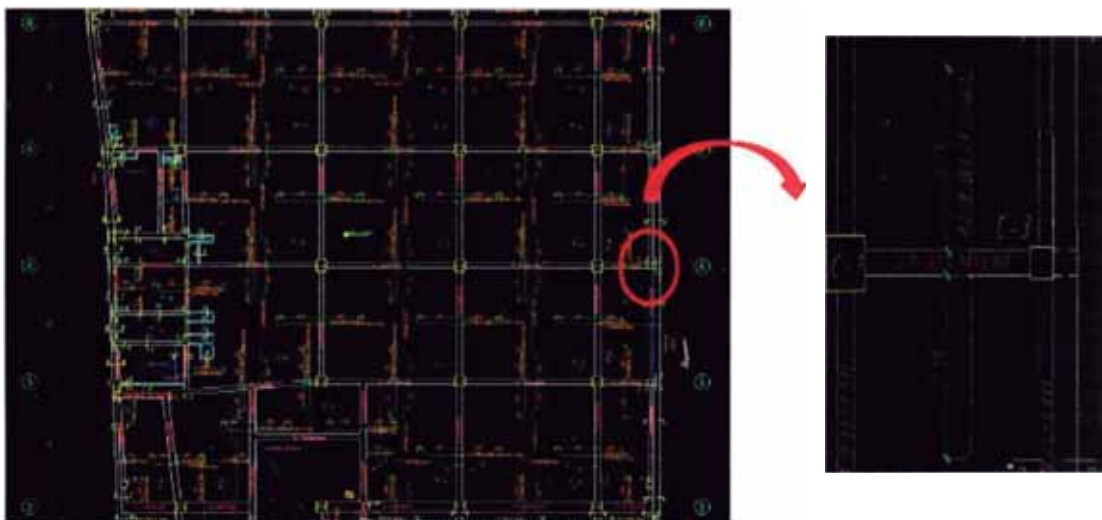


Figura N°18.- Proyecto aislado

2.2. PROYECTO NUEVO CAMPUS UNIVERSITARIO UTEC

El Nuevo campus Universitario UTEC es la nueva sede de la universidad de la Tecsup, sobre un terreno de 7800 m², ubicado en la bajada de Armendariz en el distrito de Barranco. Consta de 3 niveles de sótanos y 11 niveles de pisos superiores que cuenta con 145 aisladores en su nivel de aislamiento, siendo el proyecto con el mayor número de aisladores con una área construida de 41,000 m².



Figura N°19.- Nuevo Campus Universitario UTEC

Dentro de sus principales características se tiene que el nivel de aislamiento no se encuentra al nivel de la calle, si no al nivel del sótano 01, esto debido principalmente a que en sus perímetros contaba con distintos niveles de calle por lo cual el nivel de aislamiento tuvo que ubicarse debajo de todos estos niveles de calle, así mismo; el sistema de aislamiento de la caja de ascensores tiene el mismo principio que el del proyecto Edificio Corporativo, es decir; que quedan colgando de los pisos superiores. También se tiene presencia de deslizadores en rampas vehiculares aisladas, estos puntos lo describiremos a detalle en el punto 2.2.1 consideraciones de ingeniería

A diferencia del proyecto Edificio Corporativo, en el proyecto UTEC las vigas estructurales que conforman los niveles de aislamiento tanto inferior como superior, no son ensanches de vigas o capiteles por cada aislador, en este proyecto se tienen ensanches considerables a lo largo de las vigas, en estos ensanches se colocan entre 4 a 5 aisladores, las vigas estructurales tanto del nivel inferior como superior son vigas de 0.80m de ancho y 1.00 m de peralte, para el caso de los ensanches de las vigas en zona de aisladores, son de 1.00 m de ancho como se observa en la figura N°20.

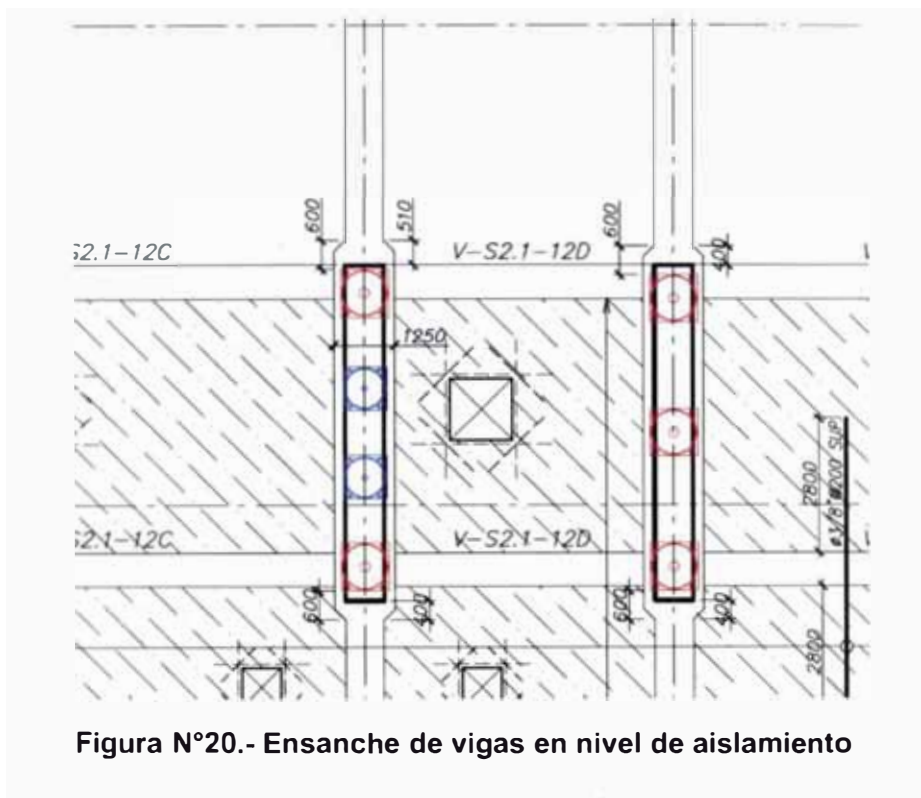


Figura N°20.- Ensanche de vigas en nivel de aislamiento

2.2.1. Consideraciones de ingeniería

Nivel de aislamiento

Como se mencionó anteriormente, un nivel de aislamiento en general aísla los pisos superiores de los niveles de sótanos por lo cual éste se ubica al nivel 0.00 o nivel de la calle, sin embargo en este proyecto, debido a los distintos niveles perimetrales

con los que colindaba con la calle, el nivel de aislamiento se ubicó a nivel del sótano 01, que era el nivel más bajo de todos los niveles externos de la calle.

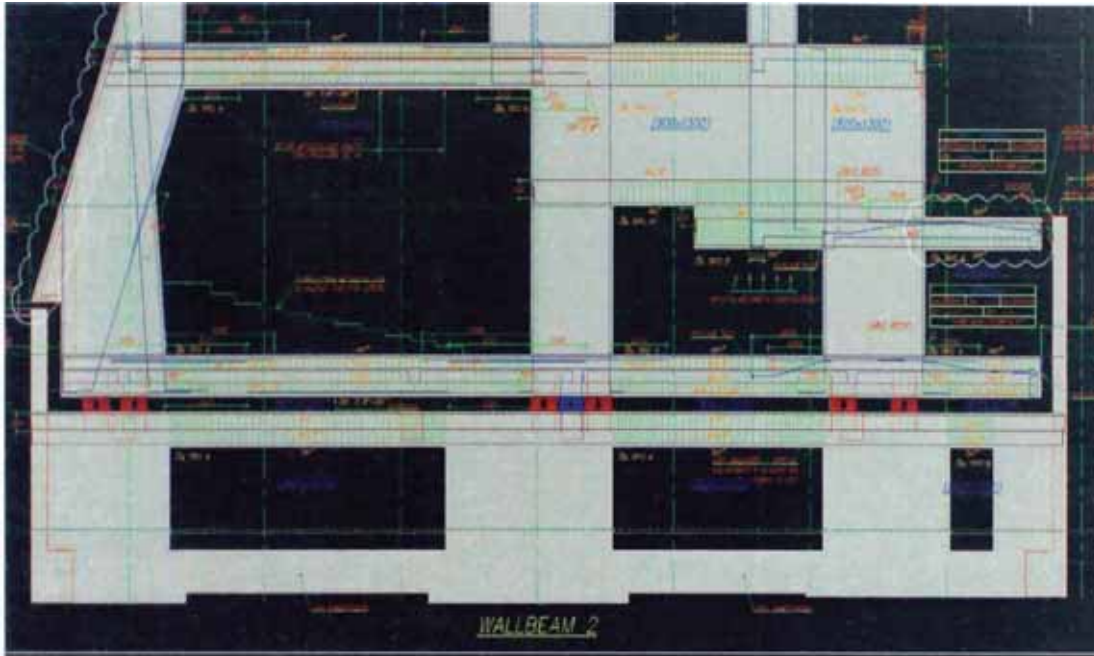


Figura N°21.- Ubicación de nivel de aislamiento en elevación

Cantidad de aisladores sísmicos

El área sobre el cual se emplaza el proyecto, 7800 m² en total, conlleva a una gran cantidad de aisladores, 145 en total, de hecho este es el proyecto con mayor número de aisladores en proyectos de edificaciones en el Perú, estos aisladores han sido ubicados a lo largo de ejes longitudinales sobre ensanches de vigas como ya se mencionó, con distintas ubicaciones en base al diseño estructural.

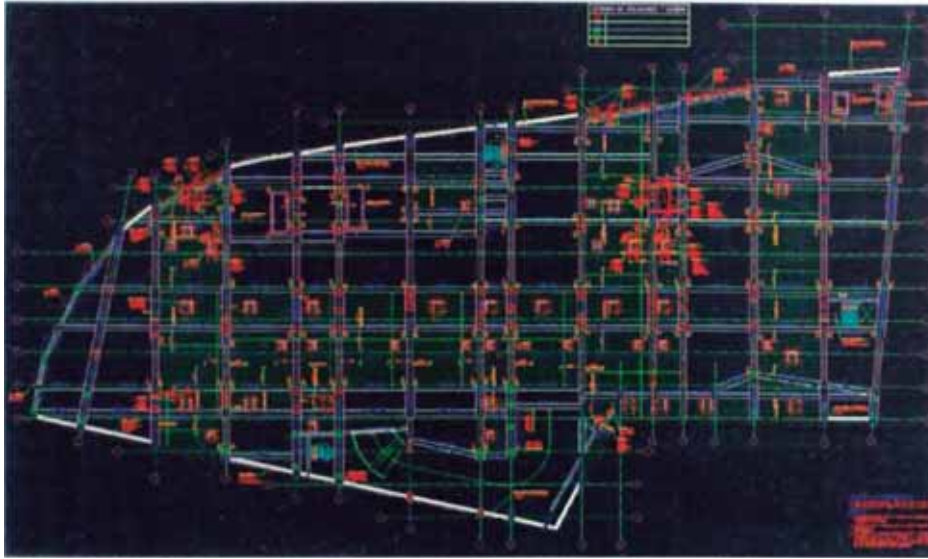


Figura N°22.- Planta de distribución de aisladores

Deslizadores sísmicos

La estructura de este proyecto es una muy irregular, con grandes vigas en voladizo, rampas vehiculares externas, grandes losas en volados, por estas características es que se tienen estructuras que necesitan los deslizadores ya que pertenecen a la estructura aislada y cumplen la función de acompañamiento al movimiento ante un sismo.

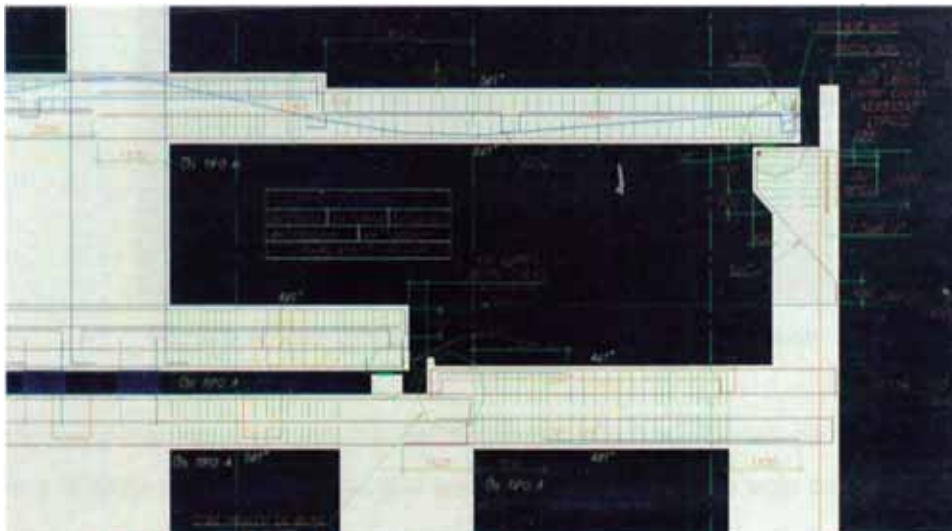


Figura N°23.- Ubicación de deslizadores sísmicos

2.3. PROCESO CONSTRUCTIVO

En este punto pasaremos a detallar los pasos que implicó la construcción del sistema de aislamiento, en base a la experiencia de la construcción de los dos proyectos anteriormente descritos, Nuevo Edificio Corporativo y Nuevo Campus Universitario UTEC.

2.3.1. Sistema de encofrado de doble viga

El nivel de aislamiento sísmico demanda un nivel doble de vigas, cuya separación está dada por la altura de los aisladores, que van desde 70 a 80 cm de altura como se muestra en la imagen adjunta extraída del modelo BIM del proyecto.

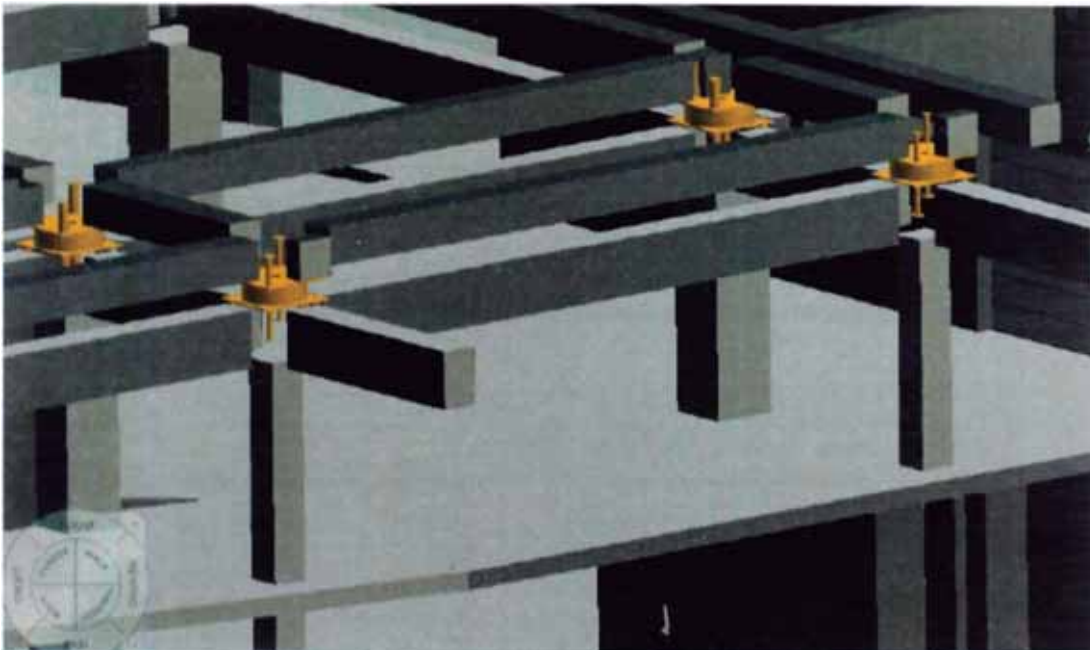


Figura N°25.- Doble nivel de vigas en modelo BIM

Para definir el sistema de encofrado a utilizar para este doble nivel de vigas, se solicitó a una reunión con el proveedor de encofrados para poder usar un sistema simple y práctico.

Se utilizó finalmente un sistema de puntales PEP para el soporte de la primera viga de aislamiento (viga inferior) y sistema Rossett Flex para la segunda viga (viga superior).

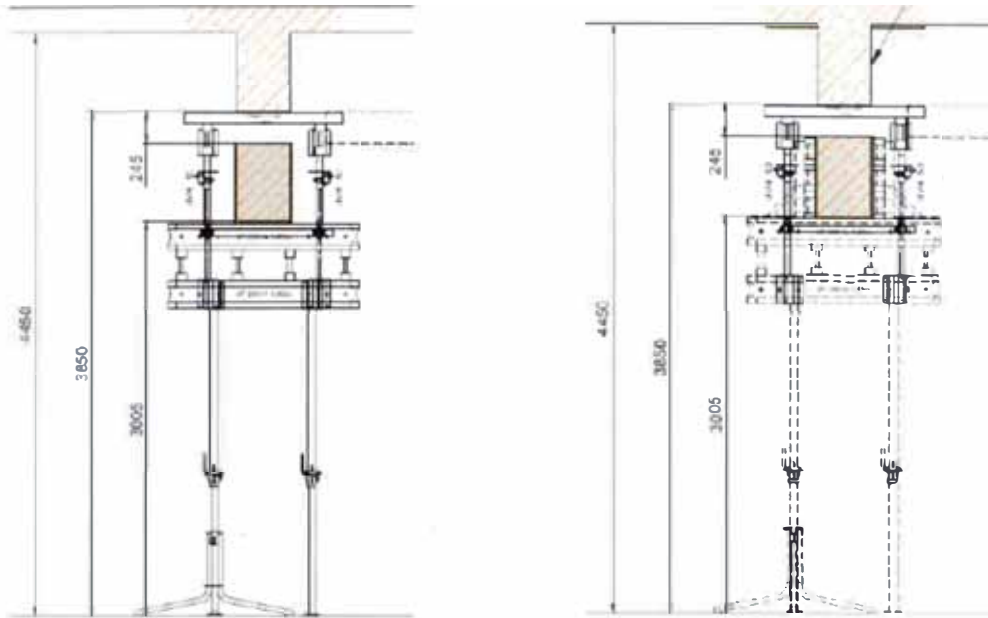


Figura N°26.- Sistema de apuntalamiento del nivel de aislamiento

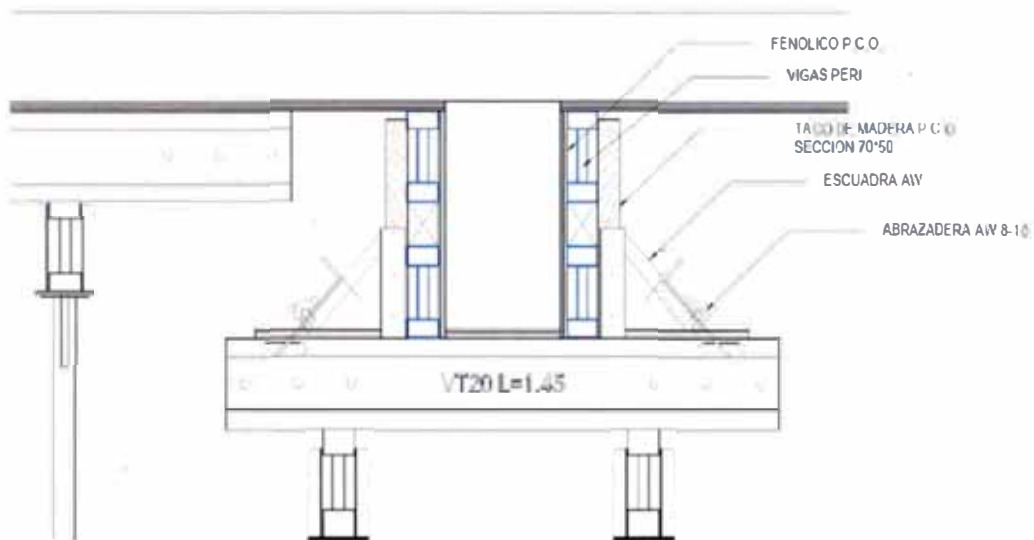


Figura N°27.- Fondo de viga de aislamiento

2.3.2. Acero de viga inferior de aislamiento y pedestal

Una vez armado el fondo de viga inferior, se procede con el armado del nivel inferior de vigas de aislamiento además de los capiteles que sirven como apoyo para los aisladores, a este encuentro de las vigas y el pedestal se le llama nudo de aislamiento.



Figura N°28.- Nudo de aislamiento



Figura N°29.- Acero de vigas de nivel inferior de aislamiento

2.3.3. Colocación de plantilla de base de aisladores

Una vez amado el acero tanto de las vigas como de los pedestales base de los aisladores, se procede a la colocación de los pernos dentro de los pedestales, en esta parte es de suma importancia la precisión topográfica para su respectiva ubicación en planta y en nivel, la tolerancia de desfase son de milímetros (4 mm), para la colocación de los pernos, se utilizan unas plantillas con las medidas de la base y ubicación de pernos dependiendo década tipo de aislador a instalar, más adelante tocaremos el punto del número de plantillas con las que se debe contar en obra.



Figura N°30.- Plantillas para ubicación de pernos inferiores de aisladores

Estas planchas son metálicas y pesan alrededor de 80 a 90 Kilos, para asegurar una mayor estabilidad al momento del vaciado, por lo cual se procede a llevarlas al punto de colocación con ayuda de la torre grúa.



Figura N°31.- Izaje de plantillas para base de aisladores

Una vez colocada la plantilla del aislador, con los pernos ubicados en su posición definitiva, se procede a la nivelación de la misma, para esto, según los niveles obtenidos, se pueden utilizar 2 métodos para dejar los pernos fijados y evitar cualquier movimiento del mismo durante el vaciado, el primero es utilizar tacos de concreto para llegar al nivel requerido además de amarrar los pernos con alambres a la armadura de acero, el otro método es soldar unas pequeñas barras de acero a los bordes del perno embebido, sin embargo si bien la soldadura es permitida por el proveedor de los pernos del aislador, no es la más recomendable para no afectar las características iniciales de los pernos.

Teniendo en cuenta lo descrito anteriormente, sobre asegurar los pernos antes del vaciado, esto no nos garantiza que durante el vaciado los pernos puedan llegar a moverse y no quedar en su ubicación definitiva, es por esto que el control durante el vaciado se convierte en un proceso crítico para la correcta entrega de ubicación de los aisladores sísmicos, ante esto se plantean 2 alternativas de control, la primera es controlar de manera continua y perenne con una cuadrilla de topografía la ubicación de los pernos, la segunda es forrar a los pernos inferiores de los aisladores con una lámina de plástico transparente de modo que al terminar con el vaciado ya al día siguiente, este plástico pueda ser retirado dándonos como resultado unas líneas de separación del perno de los aisladores con la base de concreto, con el cual podemos ajustar su ubicación definitiva. De las 2 alternativas antes descritas es recomendable utilizar la primera, el control topográfico perenne durante el vaciado, ya que la segunda opción nos da líneas de separación entre el perno y el concreto que finalmente deberá ser llenado con grout.



Figura N°32.- Nivelación de plantillas de aisladores



Figura N°33.- Plantillas de aisladores instaladas en pedestales



Figura N°34.- Nivel inferior de aislamiento con pedestales instalados listo para recibir el concreto

2.3.4. Vaciado de vigas de nivel inferior de aislamiento

Teniendo las plantillas de los aisladores nivelados y colocados en su posición, se procede al vaciado de concreto del nivel de aislamiento, debemos tomar en cuenta que estas vigas y los pedestales de apoyo de los aisladores sísmicos son muy densos respecto a la cuantía de acero, además de los pernos embebidos, se debe tener muy en cuenta utilizar un diseño de concreto adecuado con un slump del concreto de modo que el concreto pueda fluir y no generar cangrejas en las mismas, lo recomendado es usar un slump de 6" a 8", la resistencia depende del ingeniero estructural, en los 2 proyectos descritos se utilizó una resistencia del concreto de 350 Kg/cm². Los vibradores de concreto se recomiendan que sean de 1" a 1 3/8", esto para asegurar un correcto vibrado del concreto en todo el elemento a vaciar, además el orden de vaciado recomendado es empezar a vaciar las vigas de aislamiento, de modo que por el alto slump el concreto pueda fluir y correr hacia los nudos o pedestales que son las zonas más densas de acero.



Figura N°35.- Vaciado de nivel inferior de aislamiento



Figura N°36.- Vaciado de vigas de aislamiento y nivelación de plantillas



Figura N°37.- Vaciado pedestales de apoyo de aisladores

Comentando la figura N°36, se observa claramente ya el vaciado avanzado y a dos trabajadores, un ayudante de topografía y un operario carpintero, corrigiendo la ubicación de las plantillas, ya que por más asegurado que puedan quedar a la armadura de acero, el concreto y el tránsito de los trabajadores durante el vaciado llegan a mover las plantillas por lo cual es importante el control de la ubicación y nivelación de las plantillas durante el vaciado.

Una vez terminado el vaciado y ya fraguado el concreto, se procede al retiro de las plantillas de los aisladores y descubrir las superficie que servirá de base para los aisladores.



Figura N°38.- Retiro de plantillas de aisladores



Figura N°39.- Retiro de plantillas de aisladores

Es importante acotar que luego de retiradas las plantillas de los aisladores, es necesario escarificar y limpiar la superficie que servirá de base de los aisladores, como se observa en la figura N°40, ya que sobre esta base se aplicará el grout para asegurar la fijación del aislador a la base de concreto.



Figura N°40.- Pernos inferiores en el post vaciado

2.3.5. Montaje de aisladores sísmicos

El montaje de aisladores es un proceso que requiere de un equipo para llevarse a cabo, debido al peso de cada aislador que oscila entre los 400 Kg a 700 Kg como se dijo en un inicio, esto debido al núcleo de plomo que posee, en base a esto, se puede realizar el montaje con grúas móviles, grúas torre u otros equipos de izaje que pueda cargar su peso.

Para el caso de los proyectos antes descritos del Edificio Corporativo y el Nuevo Campus Universitario UTEC, se hizo el izaje de los aisladores con torre grúa que tiene una capacidad máxima de hasta 6.5 ton.



Figura N°41.- Izaje de aisladores con Grúa Torre



Figura N°42.- Montaje de aisladores sísmicos

Para su montaje es necesario estrobos y grilletes de la medida del orificio de los pernos superiores del aislador, ya que a través de estos orificios superiores es de donde se sujeta el aislador con los grilletes y estos a su vez a los estrobos tal como se aprecia en la figura N°42.

Para la maniobra de montaje es necesaria la cuadrilla de riggers de la grúa torre (02 riggers) y 02 operarios para hacer encajar la base de los aisladores para que coincidan con los pernos que ya se dejaron embebidos en el concreto, este proceso toma de 8 a 12 minutos por cada aislador.



Figura N°43.- Aisladores sísmicos instalados



Figura N°44.- Vista de aisladores instalados

2.3.6. Grout en base de aisladores sísmicos

Con los aisladores instalados, es necesario sellar el espacio que queda en la base del aislador producto del escarificado previo, además de fijar el aislador definitivamente a su base, esto lo hacemos a través de un grouteado cuya resistencia debe ser especificada por el ingeniero estructural.

Para su aplicación se procede a hacer un pequeño encofrado en todo el perímetro de la base del aislador con una pequeña separación para asegurar que por este espacio se pueda aplicar el grout como se aprecia en la figura N°45.



Figura N°45.- Encofrado para grouteado de aisladores

La aplicación del grout puede hacerse de forma directa dependiendo de las condiciones que tengamos en campo, es decir, la fluidez del grout, esto depende de las especificaciones del producto que utilizaremos para el grout, se recomienda consultar al proveedor para lograr la dosificación adecuada, además de que tan irregular o plana esté la superficie de la base del aislador de modo que permita que el grout pueda fluir y llenar todos los vacíos.

Si se complica la aplicación directa del grout sobre la base de los aisladores, se pueden utilizar pequeños embudos o chutes fabricados en obra, tal como se aprecia en la figura N° 47.



Figura N°46.- Aplicación directa de grout



Figura N°47.- Embudo preparado en obra para aplicación de grout



Figura N°48.- Aplicación de grout con embudo

2.3.7. Colocación de pernos superiores de aisladores sísmicos

Par comenzar el armado de la estructura de los pisos superiores que se encuentran sobre los aisladores sísmicos, el primer paso antes de comenzar con el armado de acero de las vigas del nivel superior de aislamiento, es colocar los pernos superiores, tal como se muestra en la figura N°49.



Figura N°49.- Colocación de pernos superiores en aisladores sísmicos



Figura N°50.- Pernos superiores colocados

2.3.8. Fondo de viga del nivel superior de aislamiento

Se procede con el armado del fondo de viga del nivel superior de aislamiento como se muestra en las siguientes imágenes.



Figura N°51.- Colocación de fondo de viga



Figura N°52.- Fondo de viga armado

2.3.9. Acero de vigas de nivel superior de aislamiento

Para el proceso de armado de acero de vigas del nivel superior de aislamiento, se debe tener especial cuidado con los pernos superiores de aisladores ya instalados, ya que pueden moverse con el armado del acero o colocación del prearmado de vigas según sea el caso, además de esto, se debe tener en cuenta que es justamente sobre los aisladores donde nacen las columnas o placas de la estructura de los pisos superiores, por tal motivo se tienen las patas del arranque de los verticales junto a los pernos superiores y las vigas del nivel superior de aislamiento, por lo cual se hace mucho más complicado el armado de todo este conjunto.



Figura N°53.- Izaje de columna prearmada



Figura N°54.- Colocación de columna prearmada sobre aislador sísmico



Figura N°55.- Colocación de pedestal prearmado sobre aislador sísmico



Figura N°56.- Planta general armado del nivel superior de aislamiento

El procedimiento que viene a continuación es el convencional, el encofrado de constado de vigas del nivel superior de aislamiento, descrito en el sistema de encofrado de doble viga en el punto 2.3.1 y a continuación el correspondiente vaciado del nivel superior de aislamiento.



Figura N°57.- Vaciado de nivel superior de aislamiento

2.3.10. Torqueo de aisladores

Una vez que el sistema de aislamiento se ha completado, y tanto el nivel inferior como superior de vigas estructurales de aislamiento se tienen desencofrados y ya alcanzaron sus resistencias máximas según las especificaciones estructurales, se procede con el torqueo definitivo de los pernos de los aisladores sísmicos, tanto los inferiores como los superiores.

El torque requerido es especificado por el ingeniero estructural responsable del proyecto, para ambos proyectos descritos en el presente informe el torque requerido fue de 200 lb-pie. Para el torqueo se utiliza un torquímetro y unos topes para asegurar la aplicación del torque de manera correcta.



Figura N°58.- Torquímetro y tope para la aplicación sobre pernos de aisladores



Figura N°59.- Aplicación de torque sobre pernos de aisladores (1)

Como se observa en la figura N°59 la aplicación del torque sobre los pernos es muy práctica, el tope metálico se coloca de tal forma que se apoye entre las dos bases del aislador, es por eso que tiene dos pequeños destajos en sus extremos para que pueda calzar.



Figura N°60.- Aplicación de torque sobre pernos de aisladores (2)

Se recalca que el torqueo debe aplicarse tanto a los pernos inferiores como a los superiores, para el torqueo de los pernos superiores el procedimiento es exactamente el mismo.

CAPÍTULO III: PRODUCTIVIDAD Y RESULTADOS DEL SISTEMA DE AISLAMIENTO SÍSMICO

En este capítulo mencionaremos las consideraciones en el planeamiento para la construcción del sistema de aislamiento sísmico, en este caso tocaremos el caso del proyecto del Nuevo Campus Universitario UTEC.

3.1. PLANEAMIENTO DE OBRA

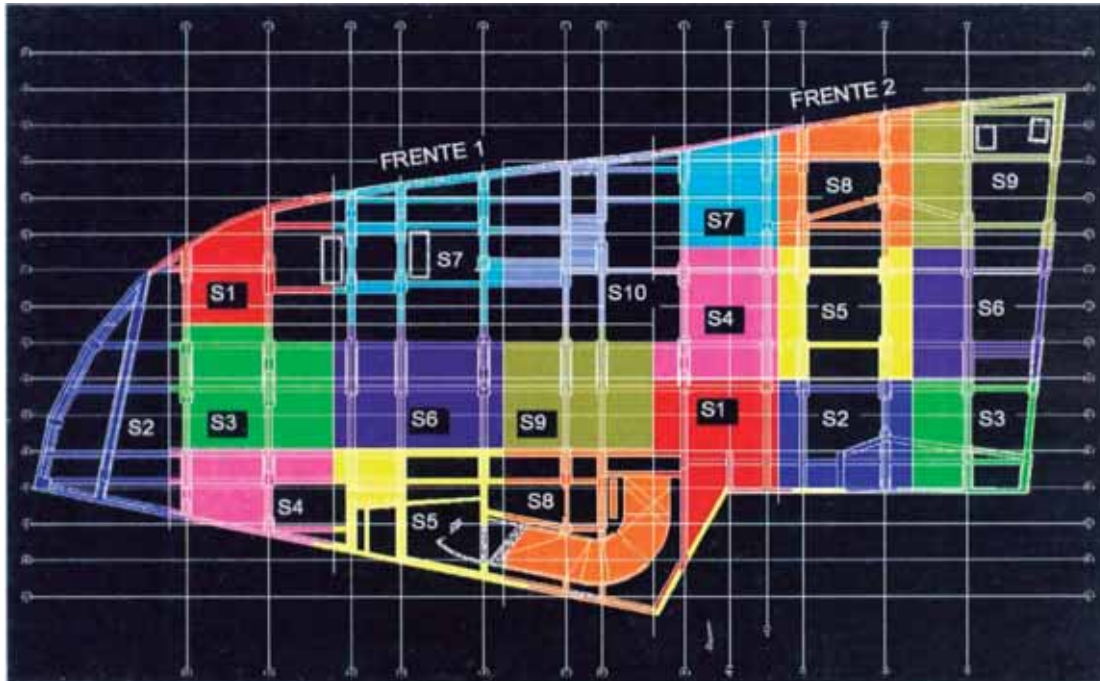


Figura N°61.- Planta de sectorización de trabajo

En la figura N° 61 se observa a todo el proyecto dividido en dos frentes de trabajo y cada frente con nueve y diez sectores respectivamente, esto nos dice que en cada día se tiene la misma actividad en un sector de trabajo y por ende que un techo completo estará listo en tantos días como sectores de trabajo tenemos.

Actividad	DIA 1	DIA 2	DIA 3	DIA 4	DIA 5	DIA 6	DIA 7	DIA 8
Fondo de viga	S1	S2	S3	S4	S5			
Acero de Viga		S1	S2	S3	S4	S5		
Costado de viga + Fondo de losa			S1	S2	S3	S4	S5	
Acero de losa + Instalaciones				S1	S2	S3	S4	S5
Vaciado de losa					S1	S2	S3	S4

Figura N°62.- Cuadro de tren de trabajo

3.2. NÚMERO DE PLANTILLAS DE AISLADORES SÍSMICOS

En la figura N°62 se tienen las cinco actividades que componen la entrega de un sector completo de trabajo, incidiendo en este punto sobre la fila 4 en donde se tiene la actividad de acero de losa + instalaciones, es en esta actividad donde se instalan las plantillas de los aisladores sísmicos, por ende para obtener el número de plantillas de aisladores sísmicos procedemos de la siguiente manera.



Figura N°63.- Colocación de plantillas de aisladores

Según la sectorización, en cada sector de trabajo se tiene un determinado número de aisladores, es por esto que se toma el número máximo de aisladores que se ubican en un sector de trabajo, para el caso del nuevo campus universitario UTEC se tienen 10 aisladores como el número máximo en un sector de trabajo, ahora también se debe tomar en cuenta que estas 10 plantillas quedarán embebidas en el vaciado de concreto y recién al día siguiente serán retiradas, es en este día donde se necesitarán dichas plantillas para el siguiente sector de trabajo (ver figura N°62) por lo cual podemos concluir que se necesitan 02 juegos del número máximo de aisladores en un sector de trabajo, en este caso se contaron con 20 plantillas.



Figura N°64.- Plantilla de aisladores

3.3. PROGRAMACIÓN DE GRÚA PARA MONTAJE DE AISLADORES SÍSMICOS

En el proyecto Nuevo campus universitario UTEC se tuvieron las actividades convencionales en obra, al tener grúa torre se predisponía a utilizar prearmados y prefabricados para acelerar el ritmo de obra, por lo cual se prearmaban andamios para el armado de acero, para el encofrado, se prearmaban elementos de acero, prearmados de encofrado, descarga de materiales de acero y encofrado, montaje de prelosas, además de montaje de aisladores.

Por lo expuesto anteriormente, es indispensable el poder tener una adecuada programación de la grúa torre debido a las múltiples actividades diarias que se tienen en obra, además de esto en la etapa de construcción del nivel de aislamiento se le agrega el montaje de aisladores por cada sector de trabajo.



Figura N°65.- Izaje de prearmados de acero - verticales



Figura N°66.- Izaje de prelosas



Figura N°67.- Izaje de prearmados de encofrado

En base a las actividades descritas se prepara el siguiente cuadro de la figura N°68, donde se tienen los tiempos promedio que demanda el uso de la grúa torre, vemos que para el montaje de aisladores se requiere de un tiempo de 1 hora aproximadamente, teniendo en cuenta que la colocación de aisladores toma de 8 a 10 min para 8 aisladores en promedio que tiene cada sector.

Nº	ACTIVIDAD	TIEMPO
1	Movimiento de andamios	1 h
2	Montaje de prearmados de acero	2 h
3	Movimiento de encofrado vertical	1.5 h
4	Descarga de acero / Encofrado	1 h
5	Montaje de aisladores	1 h
6	Colcoación de prelosas	2 h

Figura N°68.- Tiempos de izaje

3.4. MODELO BIM EN EL PROCESO CONSTRUCTIVO

Como ya hemos descrito, el proceso constructivo del sistema de aislamiento sísmico se complica por la densidad de acero y concurrencia de elementos en los nudos de los aisladores, es por esto que tanto en el proyecto Edificio Corporativo y Nuevo campus universitario UTEC se utilizó el modelo virtual BIM (Building Information Modeling) un modelo que nos permite tener información virtual de los elementos del edificio así como sus principales características.

Para el procedimiento de construcción se tuvo en cuenta que era un sistema no convencional, nuevo para edificaciones, por lo cual se debía prever cualquier inconveniente que pudiera aparecer en la construcción, los proyecto ya aplicaban el modelamiento BIM y sus principales ventajas como la detección de incompatibilidades, visualización, etc. El montaje de los aisladores constaba en la ejecución del primer nivel de vigas más los capiteles inferiores, seguidamente la

colocación de los aisladores sísmicos propiamente dichos y finalmente el segundo juego de vigas más los capiteles superiores.

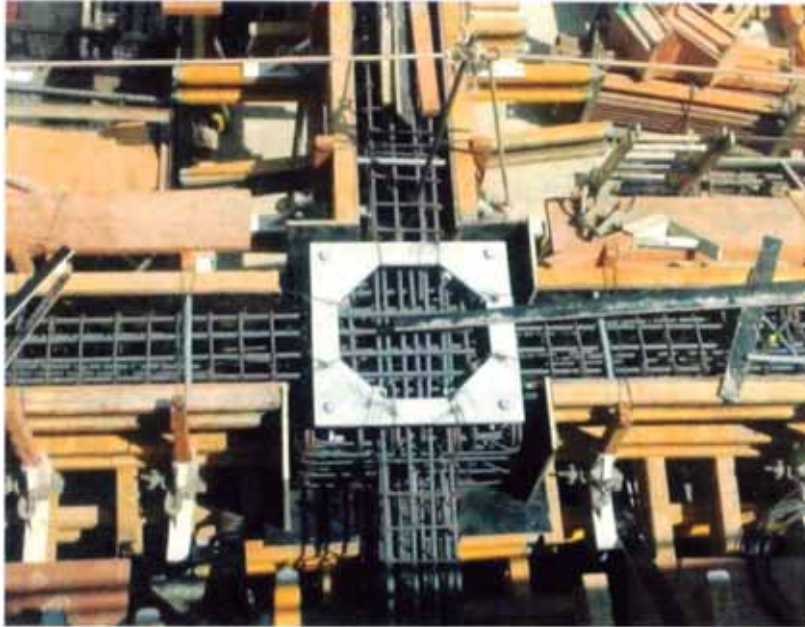


Figura N°69.- Nudo de aislamiento en obra

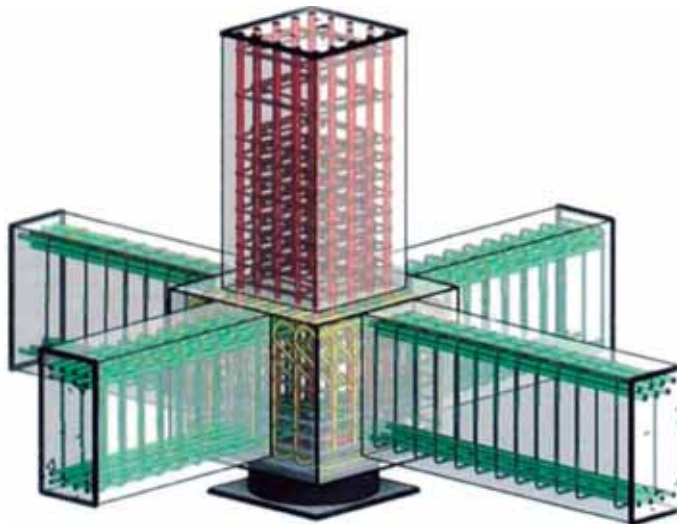


Figura N°70.- Nudo de aislamiento en el modelo BIM

Es así que la mayor dificultad detectada en obra en el montaje de los aisladores era la ejecución de los nudos de aislamientos, esto debido a la gran densidad de acero del nudo de cada aislador, en dichos nudos convergen el acero de refuerzo de cuatro vigas, de una columna, el refuerzo propio del capitel y los pernos de anclaje del aislador, para lo cual se modeló un nudo típico del sistema con el cual se pudo visualizar la configuración del armado de acero para evitar el congestionamiento en obra, el uso del modelo BIM junto a la curva de aprendizaje de la ejecución de los aisladores hizo que se lleve un ritmo más rápido y eficiente.

3.5. CUADRILLA TOPOGRÁFICA

La correcta ubicación y nivelación de los aisladores sísmicos, es como ya comentamos, una actividad crítica, por lo cual se requiere de una cuadrilla topográfica perenne para el control de la ubicación desde el pre vaciado, durante el vaciado y en el post vaciado, en cada una de estas etapas se debe llevar a cabo una liberación en conjunto con producción, calidad y supervisión.



Figura N°71.- Cuadrilla de topografía antes del vaciado



Figura N°72.- Cuadrilla de topografía durante el proceso de vaciado



Figura N°73.- Cuadrilla de topografía durante el post vaciado

CAPÍTULO IV: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1. CONCLUSIONES

Los nuevos proyectos buscan nuevas formas de valor agregado para el cliente y usuario final, por lo cual un sistema de aislamiento sísmico proporciona un mejor desempeño de la estructura y la operatividad del mismo después de un evento sísmico, algo que es de suma importancia en hospitales, universidades, museos y edificaciones que guarden contenido de gran valor, es por esto que un sistema de aislamiento sísmico recuperaría su valor económico en este tipo de edificaciones a lo largo de su operación.

En el caso del proyecto Edificio Corporativo Graña y Montero contó con un presupuesto de S/. 30'000,000 dentro del cual el sistema de aislamiento tuvo un costo de S/.900,000 que incluye la construcción del nivel adicional de vigas tanto inferior como superior, los aisladores y deslizadores sísmicos, pudiendo concluir que el impacto en costo del sistema de aislamiento en este proyecto fue del orden del 3% respecto al presupuesto total de obra. Para este proyecto se debe tener en cuenta que el sistema de aislamiento fue una inclusión en el proyecto por lo cual la cuantía de acero y elementos estructurales que se disminuyeron en los pisos superiores debido al aislamiento sísmico fue del orden de S/.180,000, monto que va como retorno para beneficio del cliente.

En el proyecto Nuevo Campus Universitario UTEC contó con un presupuesto total de S/.98'000,000 dentro del cual el sistema de aislamiento que incluyen los dos niveles de vigas estructurales, los aisladores y deslizadores sísmicos tuvo un costo de S/.4'400,000, concluyendo que en este proyecto se tuvo un impacto del orden del 4.5% respecto al presupuesto total de la obra. En este proyecto como se mencionó, los aisladores fueron concebidos desde el inicio del diseño por esto no se tienen retornos económicos por cambios en el diseño como fue el caso del proyecto Edificio Corporativo.

Los ratios de productividad (Horas hombre / metrado producido) obtenidos en la construcción del sistema de aislamiento sísmico respecto al encofrado, acero y concreto del doble nivel de vigas de aislamiento fueron los siguientes:

Proyecto Edificio Corporativo:

Acero: 0.13 HH/Kg – Encofrado: 3.1 HH/m² – Concreto: 1.1 HH/m³

Proyecto Nuevo Campus Universitario UTEC:

Acero: 0.11 HH/Kg – Encofrado: 2.8 HH/m² – Concreto: 1.0 HH/m³

Cabe resaltar que en el caso del proyecto UTEC se pudieron prearmar los grandes ensanches de acero de vigas que sirven de pedestales para los aisladores, mejorando el ratio de acero, así también, en ambos proyectos se realizaron los vaciados de concreto con un brazo homigonador, equipo que mejora los tiempos de los vaciados y ayuda a tener un buen ratio de productividad.

Para el caso del ajuste de los pernos de aisladores, se concluye que el ingeniero estructural responsable del proyecto debe especificar el momento de la construcción en el cual se procede al ajuste, ya que como se explicó, la estructura debe tener cierto avance sobre el nivel de aislamiento para que debido al peso propio pueda ir asentándose sobre los aisladores. Para el caso del proyecto Edificio Corporativo Graña y Montero se procedió con el ajuste de aisladores una vez llegado al quinto piso del total de siete pisos, por otro lado, en el proyecto Nuevo Campus Universitario UTEC se procedió con el ajuste de aisladores una vez llegado al sexto piso del total de once niveles superiores. Es por esto que se recomienda tener la especificación clara de parte del ingeniero estructural respecto al momento del ajuste de aisladores comenzando el proyecto.

4.2. RECOMENDACIONES

Es importante verificar un lugar de almacenamiento de los aisladores una vez que llegan a obra, dependiendo del número de estos y considerando su peso, se debe verificar si se guardarán sobre un terreno natural o de almacenarse en una losa de techo, corroborar si soporta la carga de todos los aisladores para un correcto almacenamiento.

En caso de que el equipo de izaje sea una grúa torre de la misma obra, es indispensable establecer un horario para el montaje de aisladores por cada sector de construcción, ya que esta es una actividad adicional a las ya convencionales en obra.

Se debe tener cuidado con las réplicas a las plantillas de las bases de aisladores mencionados en el capítulo 3.2, ya que el proveedor de los aisladores hace entrega de una plantilla "madre" y ya en obra se mandará a replicar el número de plantillas que sean necesarias como se indica en el capítulo 3.2, la tolerancia en la precisión de la réplica debe ser mínima y se debe incidir en el control de estas, ya que un error puede complicar el posterior montaje de aisladores, ya que implicará picados en el concreto para que el aislador calce en su base.

Según sea la magnitud de la obra y los tiempos de trabajo del topógrafo, se recomienda tener una cuadrilla adicional para que se dedique a la nivelación y ubicación de los aisladores, al ser una actividad crítica requiere de un cuidado especial.

Para proceder con el ajuste de aisladores se deberá consultar con el ingeniero estructural responsable del proyecto para que indique después de cuantos pisos superiores construidos se puede empezar a ajustar los aisladores, de modo que el aislador pueda ir soportando mayor carga axial de la estructura de los pisos superiores.

BIBLIOGRAFÍA

1. GRAÑA Y MONTERO - EXPOSICIÓN CENTRO CORPORATIVO DE APRENDIZAJE: "Sistema de Aisladores Sísmicos Experiencia Edificio Corporativo GyM"
2. GRAÑA Y MONTERO - EXPERIENCIA DE OBRA NUEVO EDIFICIO CORPORATIVO GRAÑA Y MONTERO.
3. GRAÑA Y MONTERO – EXPERIENCIA DE OBRA NUEVO CAMPUS UNIVERSITARIO UTEC.
4. MEDINA SANCHEZ EDUARDO, Construcción de estructuras de hormigón armado en edificación, España 2010.