

**UNIVERSIDAD PRIVADA ANTONOR ORREGO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**



---

**“DISEÑO DE UN DOMO DE ADOBE SISMORRESISTENTE CON PROPIEDADES  
FOTOCATALIZADORAS EN LA ENCAÑADA-CAJAMARCA”**

---

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL**  
**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN: MATERIALES Y ESTRUCTURAS**

**AUTOR: Bach. LEON CORNEJO MARCOS ISAAC**

**ASESOR: ING. URTEAGA GARCIA, JUAN MANUEL**

**TRUJILLO - PERÚ**

**2019**

**Fecha de Sustentación 25/10/2019**



Trujillo, 29 de agosto de 2019

## Resolución N° 01290-2019-FI-UPAO

**VISTO**, el informe favorable presentado por el Jurado Evaluador del proyecto de tesis, titulado “**DISEÑO DE UN DOMO DE ADOBE SISMORRESISTENTE CON PROPIEDADES FOTOCATALIZADORAS EN LA ENCAÑADA - CAJAMARCA**”, del bachiller **LEON CORNEJO MARCOS ISAAC** de la Carrera Profesional de Ingeniería Civil, y;

### **CONSIDERANDO:**

Que, el jurado evaluador conformado por los señores docentes: **Ing. MANUEL ANTONIO VILLALOBOS VARGAS, Presidente; Ing. ROCIO DEL PILAR DURAND ORELLANA, Secretario e Ing. JORGE LUIS PAREDES ESTACIO, Vocal**; han revisado el proyecto de tesis, encontrándolo conforme;

Que, el proyecto de tesis ha sido elaborado conforme a las exigencias prescritas por el Reglamento de Grados y Títulos de Pregrado de la Universidad, el mismo que fue sometido a evaluación por el mencionado jurado evaluador, quien por acuerdo unánime recomendó su aprobación, tal como se desprende del dictamen elevado a la Facultad de Ingeniería;

Que, el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad, establece que el proyecto de tesis se inscribe en el libro de proyectos de tesis a cargo de la secretaría académica;

Estando al Estatuto de la Universidad, al Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad y a las atribuciones conferidas a este Despacho;

### **SE RESUELVE:**

**PRIMERO:** **APROBAR** la modalidad de titulación solicitada por el bachiller **LEON CORNEJO MARCOS ISAAC**, consistente en la elaboración y sustentación de una **TESIS** para optar el título profesional de **INGENIERO CIVIL**.

**SEGUNDO:** **APROBAR y DISPONER** la inscripción del Proyecto de Tesis titulado: “**DISEÑO DE UN DOMO DE ADOBE SISMORRESISTENTE CON PROPIEDADES FOTOCATALIZADORAS EN LA ENCAÑADA - CAJAMARCA**”, presentado por el citado bachiller.

**TERCERO:** **COMUNICAR** al bachiller que tienen un plazo máximo de **UN AÑO** para desarrollar su tesis hasta la presentación de la solicitud de fecha de sustentación, a cuyo vencimiento, se produce la caducidad del mismo, perdiendo el derecho exclusivo sobre el tema elegido.

**REGISTRESE, COMUNIQUESE y ARCHIVESE.**



**Dr. ANGEL FREDY ALANOCA QUENTA**  
**DECANO**

c.c  
✓ Escuela Profesional de Ingeniería Civil  
✓ Interesado  
✓ Archivo



Trujillo, 29 de agosto del 2019

## RESOLUCIÓN N° 01301-2019-FI-UPAO

VISTA, la solicitud presentada por el bachiller **LEON CORNEJO MARCOS ISAAC** de la Carrera de Ingeniería Civil, sobre cambio del jurado evaluador, y;

### CONSIDERANDO:

Que, con RESOLUCION N°0677-2019-FI-UPAO, se nombró como jurado calificador a los señores docentes **Ing. MANUEL ANTONIO VILLALOBOS VARGAS, Presidente; Ing. ROCIO DEL PILAR DURAND ORELLANA, Secretario; Ing. JORGE LUIS PAREDES ESTACIO, Vocal e Ing. JUAN PABLO GARCIA RIVERA, accesitario;**

Que, con RESOLUCION N° 1290-2018-FI-UPAO, se ha registrado la inscripción del proyecto de tesis del bachiller citado;

Que, el bachiller solicita el cambio de uno de los jurados evaluadores (VOCAL) por no tener contrato laboral vigente, siendo conveniente, que el Ing. JUAN PABLO GARCIA RIVERA, miembro accesitario del jurado evaluador, reemplace al vocal;

Estando al Estatuto de la Universidad, al Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad, y a las atribuciones conferidas a este Despacho,

### SE RESUELVE:

**PRIMERO:** Modificar los términos de la RESOLUCION N°0677-2019-FI-UPAO, en su artículo segundo, parte pertinente al nombramiento de jurado de la Tesis, titulado: "DISEÑO DE UN DOMO DE ADOBE SISMORRESISTENTE CON PROPIEDADES FOTOCATALIZADORAS EN LA ENCAÑADA - CAJAMARCA", quedando de la siguiente manera:

Ing. MANUEL ANTONIO VILLALOBOS VARGAS  
Ing. ROCIO DEL PILAR DURAND ORELLANA  
Ing. JUAN PABLO, GARCÍA RIVERA

CIP: 7156 PRESIDENTE  
CIP: 60518 SECRETARIO  
CIP: 68614 VOCAL

REGISTRESE, COMUNIQUESE y ARCHIVESE.



Dr. ANGEL ALANOCA QUENTA  
DECANO

C.c. Archivo



Trujillo, 21 de octubre de 2019

## Resolución N° 01588-2019-FI-UPAO

**VISTO**, el Dictamen de Evaluación de la Tesis por el Jurado Evaluador del bachiller **LEON CORNEJO MARCOS ISAAC** de la Escuela Profesional de **INGENIERIA CIVIL**, sobre **FECHA DE SUSTENTACIÓN**, y;

### **CONSIDERANDO:**

Que, los bachilleres han cumplido con los requisitos determinados por el Reglamento de Grados y Títulos de la Facultad de Ingeniería; declarándosele expedito para la sustentación de la tesis y nombrándose como jurado calificador a los señores **Ing. MANUEL ANTONIO VILLALOBOS VARGAS, Presidente; Ing. ROCIO DEL PILAR DURAND ORELLANA, Secretario** e **Ing. JUAN PABLO GARCIA RIVERA, Vocal**; para su análisis y se señale día y hora para la sustentación de la misma;

Que, el jurado evaluador, propone fecha para la sustentación oral de la tesis respectiva;

Estando al Estatuto de la Universidad, al Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad, y a las atribuciones conferidas a este Despacho,

### **SE RESUELVE:**

**ARTICULO UNICO: SEÑALAR como FECHA DE SUSTENTACION:**

**DIA: VIERNES 25 DE OCTUBRE DEL 2019**  
**HORA: 6:00 PM**  
**LUGAR: aula 707 del pabellón G**

para que el bachiller **LEON CORNEJO MARCOS ISAAC** sustenten la Tesis: **“DISEÑO DE UN DOMO DE ADOBE SISMORRESISTENTE CON PROPIEDADES FOTOCATALIZADORAS EN LA ENCAÑADA - CAJAMARCA”**.

**REGISTRESE, PUBLIQUESE y ARCHIVESE.**



**Dr. ANGEL FREDY ALANOCA QUENTA**  
**DECANO**

c.c  
Escuela Profesional INCI  
Jurado  
Interesado  
Asesor  
Archivo



## APROBACION DE LA TESIS

El asesor y los miembros del jurado evaluador asignados, APRUEBAN la tesis desarrollada por el bachiller Leon Cornejo Marcos Isaac, denominada:

### **“DISEÑO DE UN DOMO DE ADOBE SISMORRESISTENTE CON PROPIEDADES FOTOCATALIZADORAS EN LA ENCAÑADA-CAJAMARCA”**

---

Ing. Manuel Antonio Villalobos Vargas

PRESIDENTE

CIP: 07156

---

Ing. Rocío del Pilar Durand Orellana

SECRETARIO

CIP: 60518

---

Ing. Juan Pablo García Rivera

VOCAL

CIP: 68614

---

Ing. Urteaga García Juan Manuel

ASESOR

CIP: 75985



**UNIVERSIDAD PRIVADA ANTONOR ORREGO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**



---

**“DISEÑO DE UN DOMO DE ADOBE SISMORRESISTENTE CON PROPIEDADES  
FOTOCATALIZADORAS EN LA ENCAÑADA-CAJAMARCA”**

---

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL**  
**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN: MATERIALES Y ESTRUCTURAS**

**AUTOR: Bach. LEON CORNEJO MARCOS ISAAC**

**ASESOR: ING. URTEAGA GARCIA, JUAN MANUEL**

**TRUJILLO - PERÚ**

**2019**

**Fecha de Sustentación 25/10/2019**

*A mi familia*

*A todos aquellos que por naturaleza buscan respuestas donde otros no se atreven, usando todo el conocimiento disponible a fin de mejorarse a sí mismos y a otros en el proceso.*



## RESUMEN

La presente tesis se dividirá en dos análisis, el primero será el análisis sísmico del domo y el segundo el análisis térmico del domo.

El análisis sísmico que desarrollaremos será no de todo el modelo arquitectónico sino de la estructura base, es decir el análisis será del domo tomando como material predominante el adobe, nos enfocaremos en las deformaciones tanto por peso propio como por las propuestas por las conjugaciones de carga de la norma E.020, como requisito sísmico, se empleó el espectro de diseño de pseudo-aceleraciones sugerido por la norma peruana de diseño sismorresistente. Las reacciones modales fueron adicionadas tanto con el método de combinación CQC como con la pauta de combinación recomendada por la NTP E.030. Esto para determinar que tanto un domo es factible como propuesta de vivienda.

El segundo punto de interés para nosotros será el análisis térmico, el cual desarrollaremos usando como cargas térmicas los  $\text{kwh/m}^2$  absorbidos por las placas colectoras y la superficie del domo, cabe recalcar que la energía absorbida por el domo será inferior a la de las placas colectoras ya que el domo es hecho de adobe y su conductividad térmica es inferior a la del material que usaremos en las placas colectoras. Con todo esto determinaremos que tanto se puede llegar a elevar la temperatura interior del domo sin necesidad de usar otras formas de calefacción. Como complemento se hizo un cálculo de cargas de calefacción con la ayuda del software revit a fin de determinar que tanta energía era necesaria para mantener un confort térmico en todos los ambientes de la vivienda.

Después de generar múltiples simulaciones con la herramienta robot structural análisis encontramos que las deformaciones debido a la aceleración sísmica en los ejes "X", "Y" y "Z" no llegan ni a un milímetro de deformación es decir no sobrepasa el límite de distorsión (deriva) establecido en la norma E.030 de 0.007.

En cuanto a la ganancia térmica por medio de los muros trombe vemos que existe un incremento en la temperatura interior del domo pero no es suficiente como para solo valer de este, es necesaria la calefacción por métodos tradicionales como las cocinas artesanales que suelen usar las familias de bajos recursos, pero usando menor cantidad de combustible para la tarea.

## **ABSTRACT**

This thesis is divided into two analyzes, the first will be the seismic analysis of the dome and the second thermal analysis of the dome.

The seismic analysis that we will develop will be not of the entire architectural model but of the base structure, that is, the analysis will be of the dome taking as adobe predominant material, we will focus on the deformations both by own weight and by those proposed by the load conjugations of the E.020 standard, as a seismic requirement, the pseudo-acceleration design spectrum suggested by the Peruvian seismic-resistant design standard was used. Modal reactions were added with both the CQC combination method and the combination pattern recommended by NTP E.030. This to determine that both a domain is feasible and a housing proposal.

The second point of interest for us will be the thermal analysis, which we will develop using as thermal loads the kwh / m<sup>2</sup> absorbed by the collector plates and the surface of the dome, it should be noted that the energy absorbed by the dome will be less than that of the plates collectors since the dome that made of adobe and its thermal conductivity is inferior to that of the material that we will use in the collector plates. With all this we will determine how much you can raise the interior temperature of the home without using other forms of heating. As a complement, a calculation of heating loads was made with the help of the software, it was revived to determine how much energy was needed to maintain thermal comfort in all the environments of the house.

After generating multiple simulations with the robot structural analysis tool found that the deformations due to the seismic acceleration in the "X", "Y" and "Z" axes do not reach a millimeter of deformation, that is, it does not exceed the distortion limit ( derivative) established in standard E.030 of 0.007.

As for the thermal gain through the trombe walls we see that there is an increase in the internal temperature of the dome but not enough to only use it, it is necessary to heat by traditional methods such as artisanal kitchens that families usually use of low resources, but using less fuel for the task.

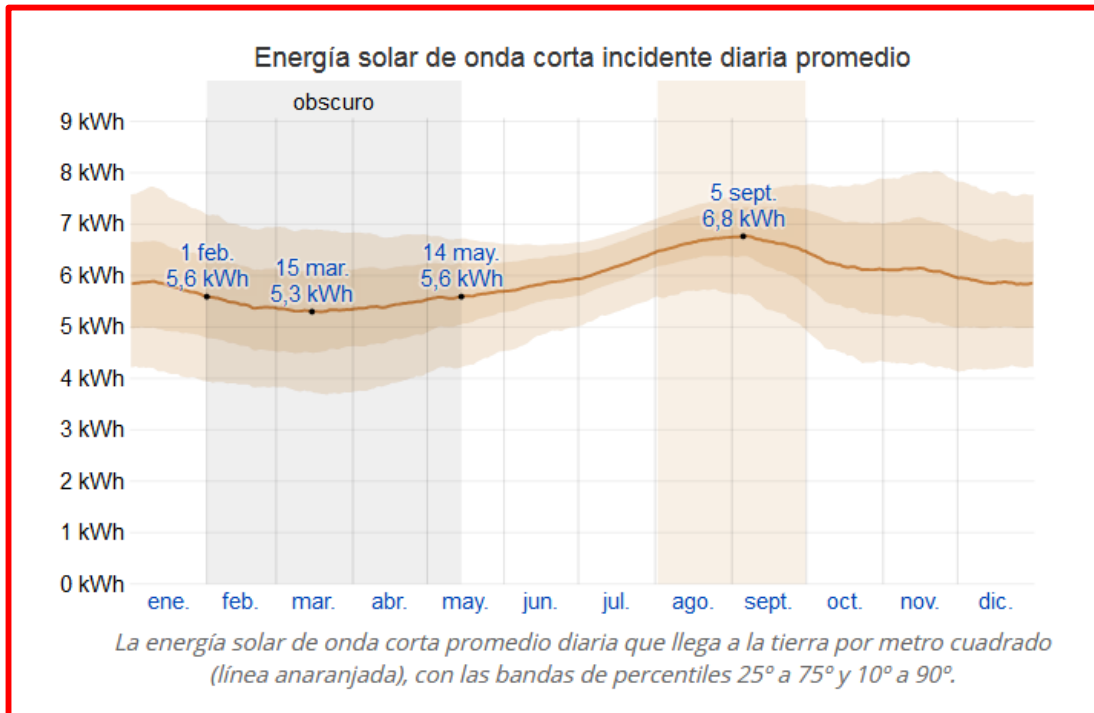
## PRESENTACIÓN

SEÑORES MIEMBROS DEL JURADO:

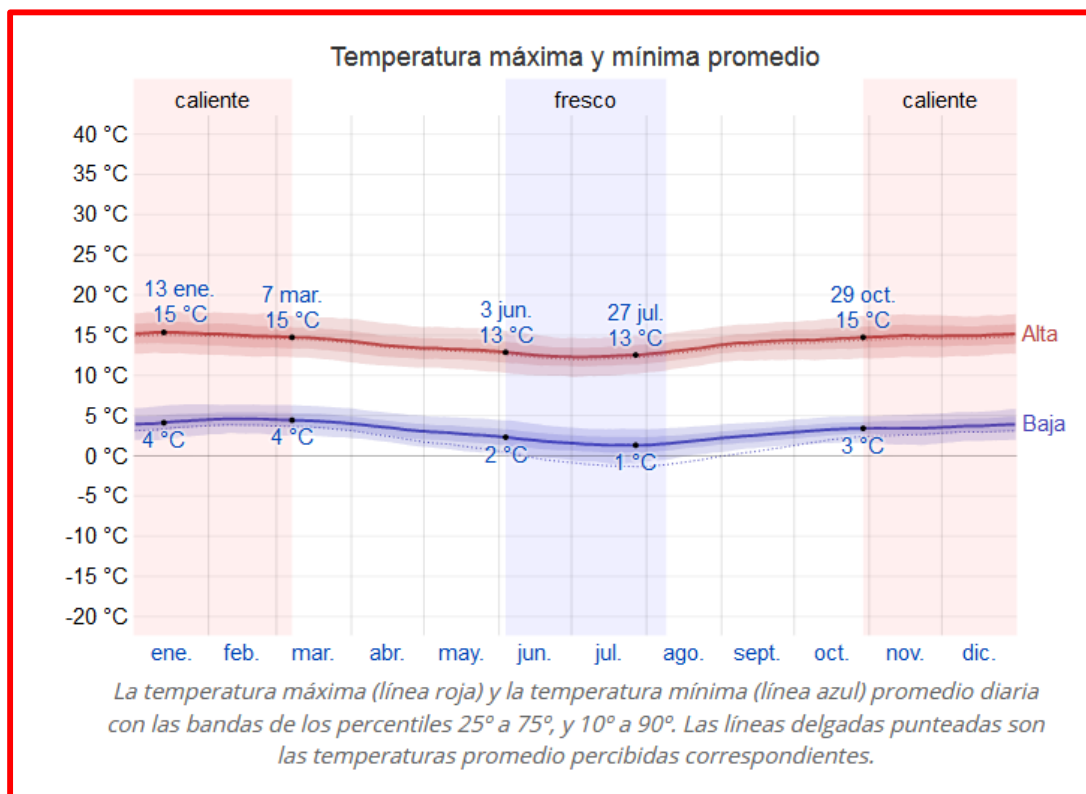
De conformidad con las disposiciones legales vigentes en el Reglamento de Grados y Títulos de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Privada Antenor Orrego, tenemos a bien presentar a su consideración la TESIS titulada: “DISEÑO DE UN DOMO DE ADOBE SISMORRESISTENTE CON PROPIEDADES FOTOCATALIZADORAS EN LA ENCAÑADA-CAJAMARCA ” con fin de optar el TITULO DE INGENIERO CIVIL, es propicia la oportunidad para expresar nuestro agradecimiento a los señores profesores de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil Este trabajo está basado en los conocimientos adquiridos en las aulas de nuestra prestigiosa Universidad, a través del análisis e investigación y las consultas bibliográficas correspondientes a esta materia. Trujillo, Octubre del 2019.

## TABLAS

### Tabla N°1



### Tabla N°2





**Tabla N°3**

<b>LÍMITES PARA LA DISTORSIÓN DEL ENTREPISO</b>	
<b>Material Predominante</b>	<b>(<math>\Delta_i / h_{ei}</math>)</b>
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 N°4**

<b>Mallas de acero</b>	Diámetro del alambre	$0,50 \leq d_w \leq 1,50$ mm
	Tipo de malla	Malla de alambre galvanizada cuadrada, hexagonal o de metal expandido
	Tamaño de abertura	$0,50 \leq D \leq 1,50$ mm
	Número de capas de malla	6 capas por cm de espesor
	Fracción de volumen de refuerzo	Hasta 8% en ambas direcciones equivalente a $630 \text{ kg/m}^3$ por malla de acero de refuerzo
	Superficie específica de refuerzo	Hasta $4 \text{ cm}^2/\text{cm}^3$ en ambas direcciones
<b>Acero esqueletal</b>	Tipo	Alambres, varillas, barras
	Diámetro	$3,0 \leq d_b \leq 10,0$ mm
	Tamaño de la rejilla	$50,0 \leq d_b \leq 150,0$ mm

Características del refuerzo para ferrocemento. ACI, 1997

**Tabla N° 5**  
Factor de suelo (S)

<b>Tipo</b>	<b>Descripción</b>	<b>Factor de suelo(S)</b>
I	Rocas o suelos muy resistentes con capacidad portante admisible $> 0.3 \text{ MPa}$ ó $3.06 \text{ kg.f/cm}^2$	1.0
II	Suelos intermedios o blandos con capacidad portante admisible $> 0.1 \text{ Mpa}$ ó $1.02 \text{ kg.f/cm}^2$	1.4

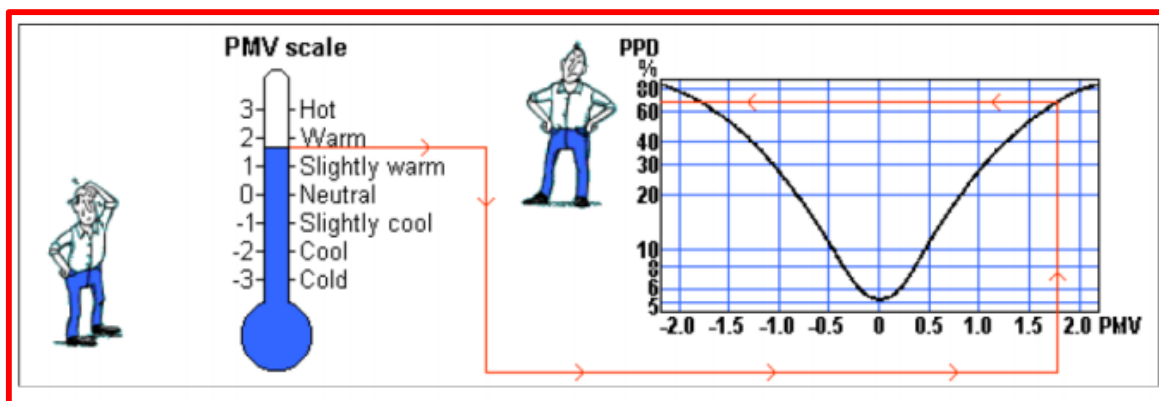
**Tabla N° 6**  
Factor de uso (U) y densidad según tipo de edificación

Tipo de Edificaciones	Factor de Uso (U)	Densidad
NT A.030 Hospedaje NT A.040 Educación NT A.050 Salud NT A.090 Servicios comunales NT A.100 Recreación y deportes NT A.110 Transporte y Comunicaciones	1.4	15%
NT A.060 Industria NT A.070 Comercio NT A.080 Oficinas	1.2	12%
Vivienda: Unifamiliar y Multifamiliar Tipo Quinta	1.0	8%

**Tabla N° 7**  
Coeficiente sísmico por zona sísmica para edificaciones de tierra reforzada

Zona Sísmica	Coeficiente Sísmico(c)
4	0.25
3	0.20
2	0.15
1	0.10

**Tabla N°8**



Confort térmico según ISO 7730(2005)

Tabla N°9

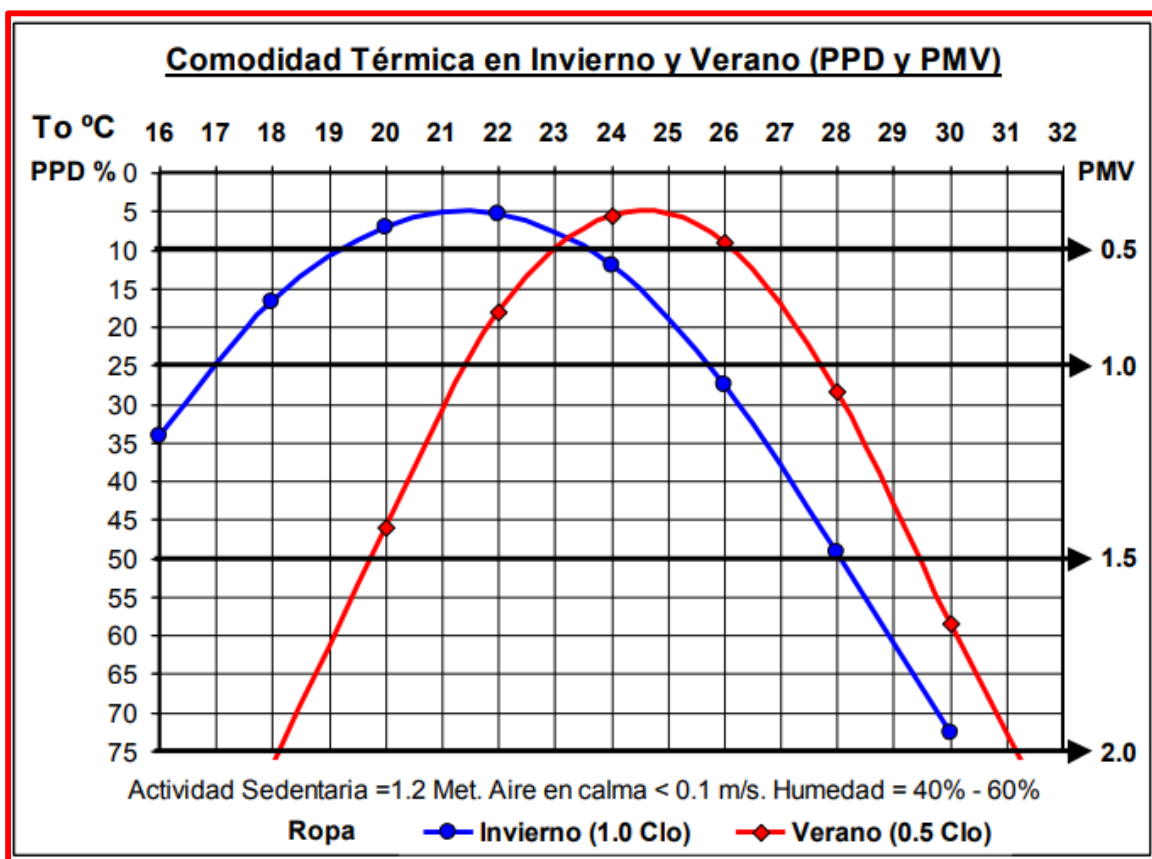


Tabla N°10

Estación	Temperatura operativa °C	Humedad relativa %
Verano	23...25	45...60
Invierno	21...23	40...50

## INDICE

	<b>Pagina</b>
Dedicatoria.....	I
Resumen.....	II
Abstract.....	III
Presentación.....	IV
Índice de tablas.....	V
<b>I. INTRODUCCION .....</b>	<b>1</b>
1.1. Problema de investigación	
a. Descripción de la realidad problemática	
b. Descripción del problema	
c. Formulación del problema	
1.2. Objetivos de la investigación	
1.3. Justificación del estudio	
<b>II. MARCO DE REFERENCIA .....</b>	<b>3</b>
2.1. Antecedentes del estudio	
2.2. Marco teórico	
2.3. Marco conceptual	
2.4. Hipótesis	
2.5. Variables e Indicadores (Cuadro de Operacionalización de variables)	
<b>III. METODOLOGIA EMPLEADA.....</b>	<b>38</b>
3.1. Tipo y nivel de investigación	
3.2. Población y muestra de estudio	



3.3. Diseño de investigación	
3.4. Técnicas e instrumentos de investigación	
3.5. Procesamiento y análisis de datos	
<b>IV. PRESENTACIÓN DE RESULTADOS</b>	<b>65</b>
4.1. Análisis e interpretación de resultados	
a. RESULTADOS DEL ANÁLISIS SÍSMICO ESTÁTICO	
b. RESULTADOS DEL ANÁLISIS SÍSMICO DINÁMICO	
c. RESULTADOS DEL ANÁLISIS ENERGÉTICO	
d. RESULTADOS DEL ANÁLISIS TÉRMICO	
<b>V. DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS</b>	<b>77</b>
<b>VI. CONCLUSIONES</b>	<b>78</b>
<b>VII. GLOSARIO</b>	<b>79</b>
<b>VIII. RECOMENDACIONES</b>	<b>79</b>
<b>IX. REFERENCIAS</b>	<b>80</b>
<b>X. ANEXOS</b>	<b>81</b>

## **I. INTRODUCCION**

### **1.1. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN**

#### **a. Descripción de la realidad problemática**

El ciclo más caluroso de la encañada duro aproximadamente 4,3 meses, desde el 29 de octubre hasta el 7 de marzo, y la máxima elevación de temperatura promedio al día fue de más de 15 °C. El día que más temperatura se registró fue el 13 de enero, registrando una subida máxima promedio de 15 °C y mínima promedio de 4 °C.

Por otra parte el ciclo de frescura duro 2,2 meses, desde 3 de junio hasta el 9 de agosto, y la máxima temperatura promedio diaria fue menor a 13 °C. El día más helado durante el año fue el 27 de julio, registrándose una temperatura mínima promedio del 1 °C y máxima promedio alcanzada de 13 °C. Para mayor detalle ir a la tabla N°2.

Además en la región existe una actividad sísmica superficial menor a 5 Mw (magnitud de momento sísmico) en los anexos podremos ver un mapa de riesgo sísmico detallado del IGP.

Siendo 755 familias la población afectada por las bajas temperaturas, en la región Cajamarca de acuerdo con la data del (Instituto nacional de defensa civil) INDECI proponemos implementar viviendas tipo domo con muros Trombe correctamente orientados, como alternativa de calefacción ya que muchas de estas zonas no cuentan con servicio eléctrico, y debido a que un sistema de calefacción alimentado por electricidad es costoso y muchas de las familias de estas regiones no cuentan con los recursos para costearlo.

### **b. Descripción del problema**

Muchas de las viviendas de la encañada si bien son de adobe no son térmicamente ni sísmicamente suficientemente eficientes para proteger a sus ocupantes de las bajas temperaturas y de los efectos del sismo.

Para mitigar las el efecto de las heladas en las regiones andinas SENCICO utilizó “muros Trombe” (2008-2009) luego de un tiempo se produjeron observaciones y opiniones debido a que surgieron deficiencias en los sistemas incorporados por diferentes factores. Entre estos tenemos: muro mal ubicado respecto al sol radiante, materiales poco adecuados para retener calor, poca o casi nula radiación solar incidente en el muro. Los altos niveles de radiación que se presentan en horas de la mañana podrían ser aprovechadas de mejor manera proponemos el uso del adobe en forma de domo porque se conoce que esta forma presenta mayor eficiencia sísmica y térmica.

### **c. Formulación del problema**

¿El uso de un módulo de vivienda tipo domo sismorresistente con propiedades fotocatalizadoras con muros Trombe adosados aumentará el confort térmico y la seguridad frente a sismos en la Encañada-Cajamarca?

## **1.2. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN**

### **a. Objetivo General**

Diseñar un domo sismo resistente con propiedades termoaislantes y foto catalizadoras para incrementar el confort térmico y la seguridad frente a sismos.

### **b. Objetivos Específicos**

- Modelar y verificar la capacidad sismo resistente del domo como propuesta de vivienda con la ayuda del software robot structural análisis.

- Modelar el armado del acero que usaremos en la estructura base del domo con la ayuda del programa Revit y siguiendo los resultados lanzados por el análisis sísmico.
- Modelar la cubierta tipo domo y asignarle los materiales más idóneos con la ayuda del software solidworks.
- Determinar la pérdida o ganancia térmica con la ayuda del software solidworks.
- Determinar la eficiencia energética del módulo propuesto con la ayuda del software revit.

### **1.3. JUSTIFICACIÓN DEL ESTUDIO**

Haciendo énfasis en la responsabilidad social universitaria (RSU), con este proyecto lo que se busca es dar solución a las deficiencias y mejorar la propuesta de muro Trombe que se hizo para las zonas más frías de nuestro país, esperando concientizar a las autoridades y público en general de la necesidad de implementar nuestra propuesta lo más pronto posible a fin de evitar el número de muertes por neumonía y medrar el estándar de vida en las zonas más agrestes del territorio nacional.

## **II. MARCO DE REFERENCIA**

### **2.1. ANTECEDENTES DEL ESTUDIO**

Morse Edward documento su invento en 1881 aunque este fue reconocido luego en 1964.

Alrededor de 1960 su diseño se popularizó gracias a las edificaciones que hacían uso la teoría de las viviendas solares pasivas en un pueblo francés de nombre Font-Romeu, Odeillo, el ingeniero Félix Trombe y el arquitecto Jacques Michel fueron los pioneros en el uso de este diseño.

Zalewski et al (1997), presentaron los resultados al evaluar un sistema que funciona bajo el principio del Muro Trombe pero le incluyen una pared de aislante la cual se encuentra separada por tres centímetros del muro almacenador de calor. Construyó un modelo de pruebas en una casa de uso

rural en cadareche francia, el cual emplea un ático con ventilación como apoyo. Encontró que con una mica de policarbonato se reduce la pérdida de calor en invierno y que con el aislante se disminuye la ganancia de calor del muro al interior de la habitación en verano. En el modelo analítico que presenta, (en función del tiempo) está formado por una matriz de cuatro incógnitas y en ninguna de ellas contempla el almacenamiento de calor en el muro. Debido a que existe una separación entre el aislante y el muro se presenta ganancia de calor al interior de la habitación a ventilar (verano) debido a que el aire que circula por ese espacio es calentado e introducido al interior de la habitación, elevando su temperatura ambiental.

(Variable: Material de la placa)

S.O.Enibe (2003), presenta el estudio térmico realizado a un calentador solar de aire al recubrir a la placa almacenadora con un recubrimiento absorbente para la radiación solar de nombre PCM.

Presenta al modelo analítico en estado transitorio recomendando su resolución por el método de diferencias finitas. El modelo contempla tanto a las condiciones climáticas como al flujo de aire en estado transitorio pero no incluye la temperatura del cuarto a condicionar.

(Variables: Material de la placa, Flujo de aire)

M. Belusko et al (2003), presentaron el estudio realizado a un calentador solar de aire que emplea como placa almacenadora acero corrugado, para fines de calefacción. Presenta un modelo analítico en estado estacionario y a diferencia de otros modelos no considera ni las condiciones climáticas o al flujo de aire generado en el tiempo.

(Variables: Material de la placa)

M. Belusko et al (2003), presentaron el estudio realizado a un calentador solar de aire que emplea como placa almacenadora acero corrugado, para fines de calefacción. Presenta un modelo analítico en estado estacionario y a diferencia de otros modelos no considera ni las condiciones climáticas o al flujo de aire generado en el tiempo. (Variable: material de la placa)

Ammari (2003), desarrollo un modelo analítico aplicado a un calentador solar de aire, en el cual, el flujo de aire circulaba por el interior de la placa almacenadora mediante canales. El modelo se encuentra en estado estacionario pero involucra algunas ecuaciones en estado transitorio. Estudió su comportamiento al incrementar la altura de la placa almacenadora, espacio entre placas (vidrio y almacenadora). Encontró que empleando una placa acanalada se obtenía un comportamiento térmico más adecuado para la transferencia de calor con el aire.

(Variable: Material de la placa, Espacio vidrio-muro)

Mohamad(1996), presenta el estudio realizado a un calentador solar de aire en el cual intenta reducir las pérdidas de calor en el colector y maximizar el intercambio de calor del colector al aire.

Emplea dos vidrios, uno como protección del ambiente y el otro para efecto invernadero. La eficiencia del colector resulto ser mayor que la de un colector normal en un 75%. Aun cuando las ecuaciones que emplea para simular el prototipo experimental son en estado estacionario, considera para la variación del flujo una ecuación en función del tiempo.

(Variable: Material de la placa)

H.D. Ammari (2003), desarrollo un modelo analítico aplicado a un calentador solar de aire, en el cual, el flujo de aire circulaba por el interior de la placa almacenadora mediante canales. El modelo se encuentra en estado estacionario pero involucra algunas ecuaciones en estado transitorio. Estudio su comportamiento al incrementar la altura de la placa almacenadora, espacio entre placas (vidrio y almacenadora). Encontró que empleando una placa acanalada se obtenía un comportamiento térmico más adecuado para la transferencia de calor en el aire.

(Variables: Material de la placa, espacio entre placas, altura de la placa)

## 2.2. MARCO TEORICO

En nuestro planeta el consumo energético a aumentando considerablemente en las últimas décadas, esto se debe a la poca optimización de recursos naturales como la energía solar pasiva, la misma se caracteriza por la ganancia energética dada de manera constante por el sol. Siendo este inagotable, debido a que no necesitan fuentes de energía externa, produciendo con estos sistemas un ahorro energético. Muchas culturas sacaron provecho de forma ingeniosa desde hace milenios, puesto que el sentirse confortable en una vivienda ha sido lo que están personas han buscado.

A nivel mundial la Arquitectura y la Ingeniería desempeñan un rol clave en el desarrollo de viviendas, estas deben ser diseñadas sabiamente para brindar el mayor confort térmico dentro de ellas minimizando el gasto energético, aprovechando al máximo el entorno.

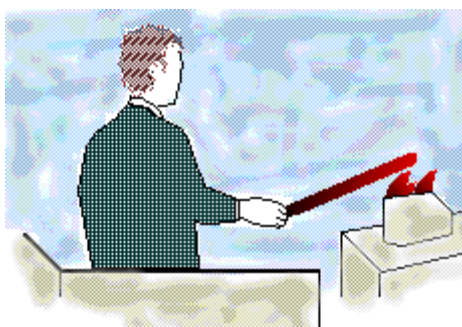
“Un muro Trombe viene a ser un sistema de absorción energética solar pasivo de manera indirecta, pudiendo usarse para la climatización en interiores a través del intercambio de calor, el cual puede ser por conducción, convección y/o radiación.

“El intercambio de calor es el intercambio de energía térmica de un cuerpo a otro debido a una variación de temperatura entre ellos.

Se conocen tres formas de intercambio térmico:

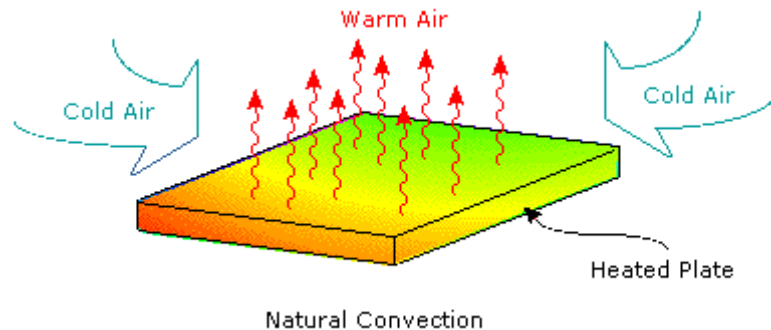
### Conducción

Es el intercambio de calor logrado por la excitación molecular de un material sin movimiento aparente. A la conducción se la considera como la más importante forma de intercambio de calor en sólidos. En caso de que la temperatura del solido sea diferente de un punto a otro, el calor pasaría desde las áreas más templadas hasta las áreas más frías a fin de mantener un equilibrio constante.



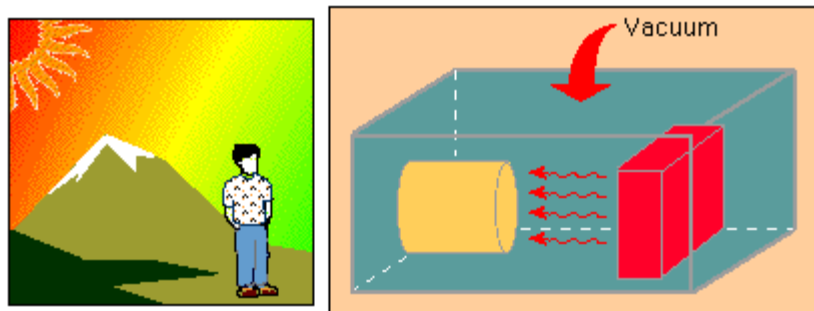
## Convección

Es el intercambio de calor por medio de fluidos. A la convección se le considera como la más importante forma de intercambio de calor entre la superficie de un sólido y un fluido contiguo. Las partículas que forman los fluidos sirven como transporte de la energía térmica.



## Radiación

Es el intercambio de calor mediante ondas electromagnéticas. Por el contrario de la conducción y la convección, la radiación no necesita un ambiente, ya que estas pueden propagarse por el vacío. La resultante de la radiación es más significativa con elevadas temperaturas.



## Tipos de transferencia de calor

Existen dos formas para analizar el intercambio de calor:

### Análisis térmico de estado estable

Lo imperativo aquí es la condición térmica del sólido cuando este llega al equilibrio térmico. El tiempo que requiere para llegar al equilibrio térmico no es crucial.



## Análisis térmico transitorio

Lo sustancial aquí es la condición térmica del sólido en distintos puntos de tiempo.

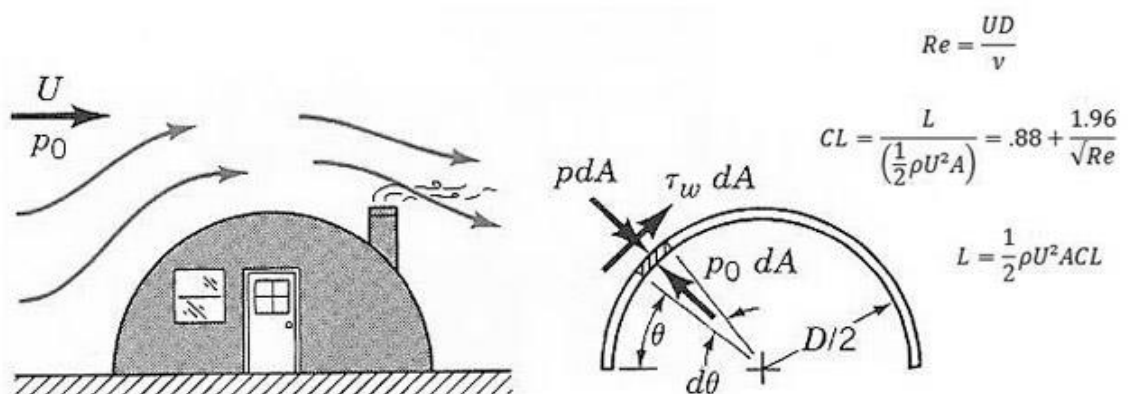
## Análisis de tensión térmica

Las variaciones térmicas pueden ocasionar tensiones importantes en el sólido. Un análisis de estrés térmico obtiene las tensiones, deformaciones unitarias y los desplazamientos provocados por los impactos térmicos.”

“Las Casas tipo domo son más eficientes en cuanto a ahorro de energía, de fácil construcción y más ecológicas. Cuando se diseñan adecuadamente, construir viviendas tipo domo puede salir costando mucho menos por metro cuadrado que un hogar tradicional. Entre las principales ventajas de las casas tipo domo tenemos:

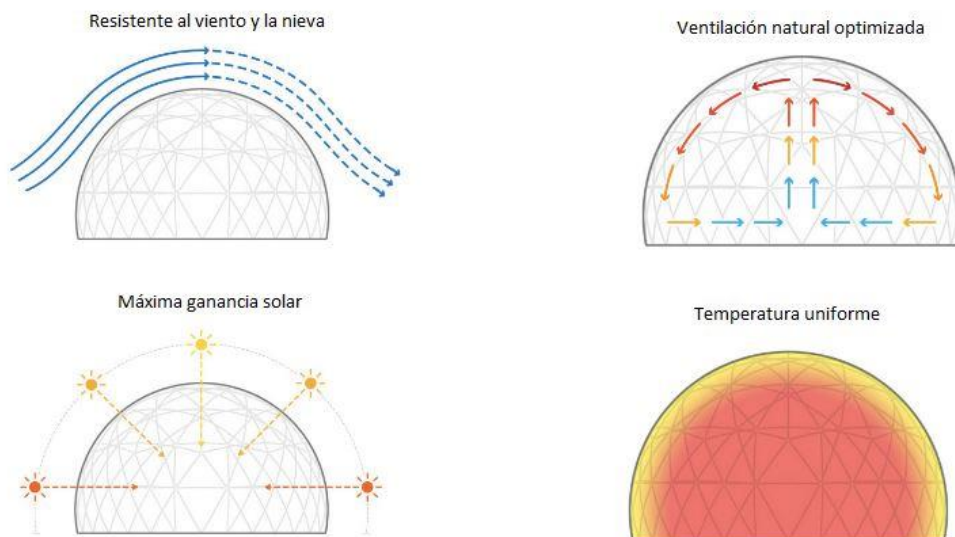
### SEGURIDAD.

Es una de las estructuras más fuertes que se conoce hasta ahora, capaz de resistir vientos huracanados, grandes terremotos o fuertes tormentas de nieve. Mientras más fuerte sea la velocidad del viento, si no cuenta con una superficie de succión es rodeado y anclado con mayor fuerza al suelo. Los domos construidos con adobe están hechos para soportar el fuego, no llegan a propagarlo y no llegan a colapsar debido a las elevadas temperaturas. No existe estructura conocida que sea tan estable y resistente a todo tipo de condiciones.



## OPTIMIZADOR DE LUZ, CALOR Y VENTILACION

Un domo viene a ser un recolector solar pasivo poco habitual. Opera similar a un gran reflector de luz hacia el interior, acopiando y reflejando el calor al interior. Un correcto flujo de aire al interior del domo, con aberturas en la base, medio y cenit (cúpula), proporciona una perfecta mezcla de movimiento de aire y temperatura, de esa manera conseguimos una regulación constante de la temperatura interior. Gracias a este sistema evitamos el calentamiento de los interiores por medios tradicionales y más costosos como el usar chimeneas y calefactores, logrando un ahorro energético del 50% comparado con la construcción tradicional.



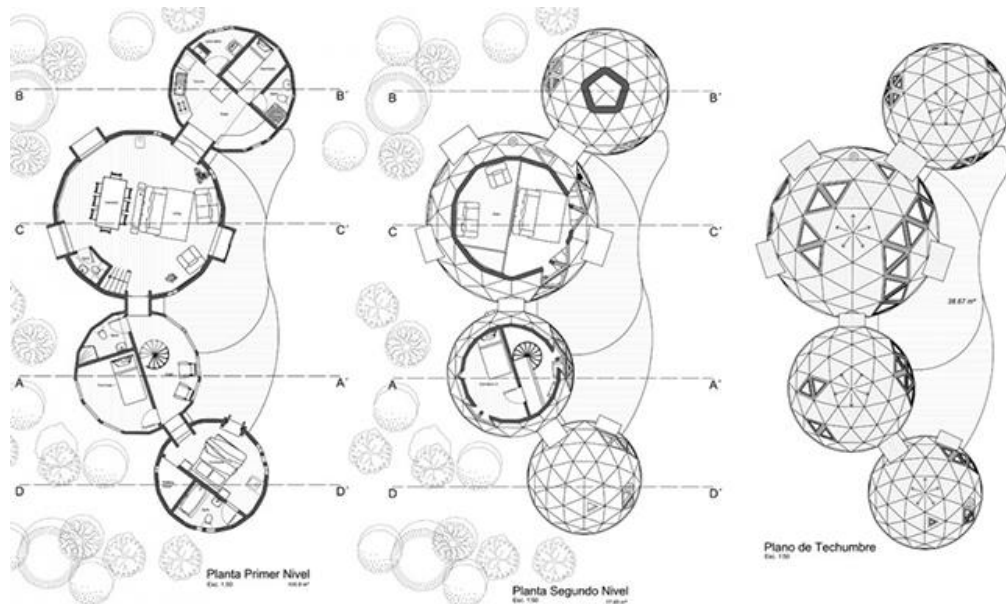
## BAJO MANTENIMIENTO Y ALTA DURABILIDAD

La gran superficie de la cúpula minimiza labores mantenimiento en el exterior. Un domo monolítico prácticamente no requiere mantención, no se pudre, no lo atacan las termitas ni los roedores, etc. En cuanto al mantenimiento del interior, es ínfimo, gracias a las tecnologías de materiales implementadas, solo necesita de limpieza.



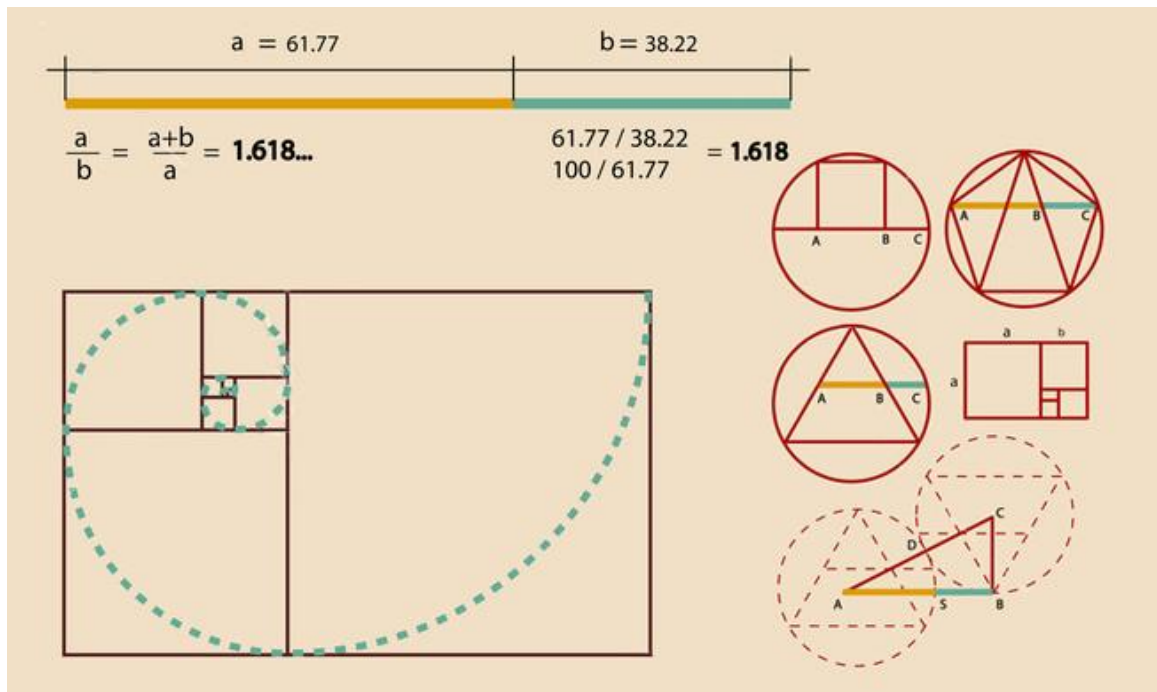
## DISEÑO ESTILO Y USOS

La forma tan atípica la encontramos casualmente en la naturaleza es por eso que llame tanto la atención. Una cúpula es una estructura abovedada que fue muy usada en la antigüedad y que en la actualidad está siendo usada para muchos diferentes propósitos. Gracias a su estilo único glorificado y enriquecido por los métodos modernos de construcción. Debido a que no posee ninguna viga interior nos encontramos con un espacio hialino para llegar a realizar autónomamente cualquier actividad que lo requiera, tal sea una vivienda, un refugio, espacio para reuniones, lugares de culto, observatorios o cualquier cosa que abarque nuestras necesidades e imaginación.



## Geometría universal

El descubrimiento de los domos o cúpulas geodésicas fue gracias a R.Buckminster Fuller. Un domo geodésico, es un cuerpo hemisférico apoyado en la teoría de la Geometría Sagrada. Las cúpulas geodésicas, son estructuras magnánimas en la naturaleza, Buckminster Fuller las diseñó teniendo en cuenta que estaba creando un espacio sagrado.



Posee una gran resistencia, no combustiona y tiene un buen desempeño frente a sismos, en cuanto al fuego, su forma no la propaga y no se colapsa con el calor. La forma simétrica y monolítica que poseen les da a las casas domo sus cualidades antisísmicas, pero también anti tornados.

Las necesidades energéticas caloríficas en viviendas suponen un enorme porcentaje en el consumo energético global. El 60 % es gracias al uso de crudo aproximadamente, un 20 % gracias al gas, un 8 % por combustibles sólidos tales como el carbón, y se estima que la energía obtenida por radiación solar supone un 12 %. (Informe Comunidades Europeas N.EUR13094, 2008).

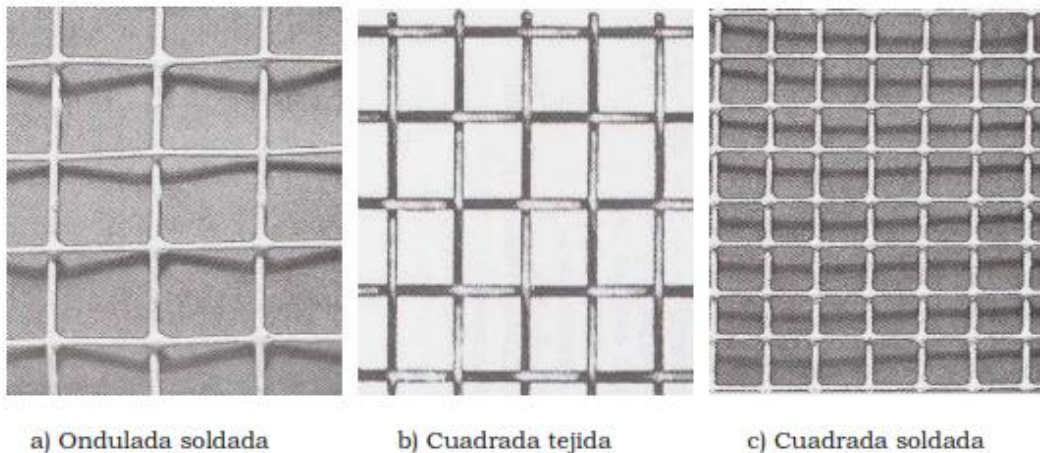


## Mallas de alambre

Un componente esencial en la fabricación del ferrocemento es la malla de alambres delgados, los cuales pueden ser entretejidos, soldados o troqueladas (mallas expandidas). El desempeño mecánicamente hablando del ferrocemento pende en gran medida al tipo, cantidad, orientación y de la resistencia de la malla y las varillas de refuerzo. Deberían ser lo bastante flexibles para ser dobladas. Al igual que en el hormigón, la pasta de agregados-cemento del ferrocemento es débil. La malla metálica le proporciona maleabilidad y su disposición es homogénea en toda la sección transversal.

En cuanto a mallas de acero las de más uso en ferrocemento, vienen a ser las mallas cuadradas, rectangulares tejidas o soldadas, las mallas de metal expandido y las mallas de forma hexagonal.

Las mallas hexagonal, son las más usadas ya que son económicas y muy trabajables. No obstante, estructuralmente no son del todo eficientes a causa de que los alambres no se encuentran orientados en la principal dirección de los esfuerzos. También conocida como malla de alambre de pollo o gallinero, según el tamaño de sus rendijas y se elabora con alambre estirado en frío. Todas, con excepción de la malla de metal expandido, serán, por recomendación galvanizadas. En la siguiente figura se muestran varios tipos de mallas.



## Acero de armazón

Discrepando del hormigón tradicional, el ferrocemento puede hacerse prescindiendo de encofrado. En cuyo caso, el papel del refuerzo dentro del ferrocemento sería la de dar forma y mantener a las capas de malla y al mortero en estado fresco. Luego de que el mortero haya endurecido, el refuerzo tendrá que absorber el estrés provocado por la tracción sobre la estructura, debido a que el mortero no podría soportarlo por sí sólo. En la siguiente imagen, podemos observar este tipo de refuerzo. Por lo general, se usan varillas de acero dulce.



Para el caso de secciones delgadas tipo cáscaras, este refuerzo tradicional se ubica muy cerca del eje neutro con lo que su aporte estructural para esfuerzos flectores no es importante. No obstante, en secciones más irregulares, las varillas de refuerzo distante del eje neutro del elemento actúa de forma activa respondiendo a la flexión generada sobre la estructura. En la tabla 4, se dan a conocer las características más trascendentales sobre el sistema de refuerzo tradicional en estructuras de ferrocemento.

## Análisis térmico permanente

El desempeño térmico de una edificación es efecto de su reacción como un sistema físico a distintos estados de cambio. Estos estados vienen a ser la divergencia térmica entre interior y exterior, la radiación solar, y la producción o asimilación de energía al interior del edificio por mecanismos de climatización y otros. La envolvente térmica de la edificación interfiere entre el aire exterior y los ambientes interiores. El diferencial térmico incita flujos de calor en la envolvente y delimita las temperaturas en los elementos y áreas. Los elementos de una edificación son aquellas en la que el sistema se divide para su posterior análisis, por ejemplo, las paredes, el techo y los pisos. Para el análisis térmico de una edificación se precisa como zona térmica un volumen de aire que posea igual temperatura, es una forma de facilitar la organización de los cálculos y análisis.

El acopio, voluntario o no, de radiación solar producirá flujos adicionales que son concentrados por algunas partes del edificio incrementando localmente la temperatura. La energía proporcionada o extraída por sistemas secundarios de calefacción o refrigeración, impacta en el balance energético de las áreas climatizadas. Los sistemas pueden suministrar esa energía directamente en el aire de la zona, pero además a los distintos componentes del entorno próximo.

Lo complicado del análisis del comportamiento térmico de un edificio reside en la suma de todas las manifestaciones térmicas, por citar alguno, la temperatura de algunos componentes varía cuando hay intervención solar. Por ende es necesario hallar una forma de organizar ese conglomerado de fenómenos para comprender las consecuencias en la edificación. Sabiendo el grado de intensidad de los fenómenos, será probable hacer una síntesis que posibilite catalogarlos y ordenarlos.

## Inercia térmica de los materiales

Inercia térmica vendría a ser una característica elemental a considerar en lugares donde la variación térmica de día a noche llega a ser considerable, si queremos el confort térmico de los habitantes dentro de la vivienda. Tal inercia la conseguimos a través del uso de materiales idóneos para retener calor en horas de sol y liberarla en horas nocturnas. Este proceso pasivo logra reducir el gasto energético de calefacción o refrigeración, permitiendo un equilibrio térmico en las áreas interiores durante el día y la noche.

Inercia térmica viene a ser un medio empleado en la arquitectura bioclimática. Radica en la propiedad de algunos componentes, arquitectónicos, para acumular calor, preservarlo y posteriormente liberarlo logrando una reducción en sistemas mecánicos de calefacción o refrigeración. Gracias a esta habilidad podemos lograr temperaturas estables las 24 horas. A su vez la inercia térmica depende de las propiedades del material con el que es elaborado el edificio tales como:

–Capacidad para almacenar calor o calor específico “c” ó  $c = J/Kg.K$ .

– Capacidad calorífica “C”, calcula la relación entre calor transferido a un cuerpo y el cambio térmico que sufre ( $C = J/K$ ). Mientras más capacidad calorífica posea un objeto, más elevada será la energía transmitida para que este eleve su temperatura 1° mientras posea más masa  $C = c * masa$  Kg, más grande será la capacidad calorífica, y en consecuencia su inercia térmica.

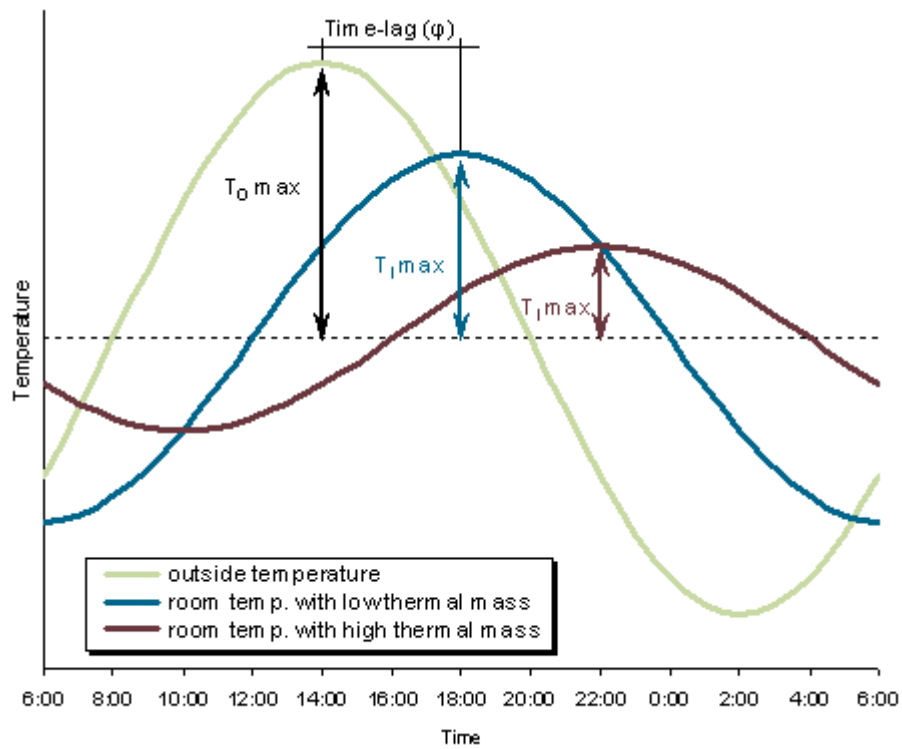


– Su densidad “Kg sobre m<sup>3</sup>”. Entrelaza la masa y el volumen del cuerpo. Cuanto más denso, más grande la inercia térmica.

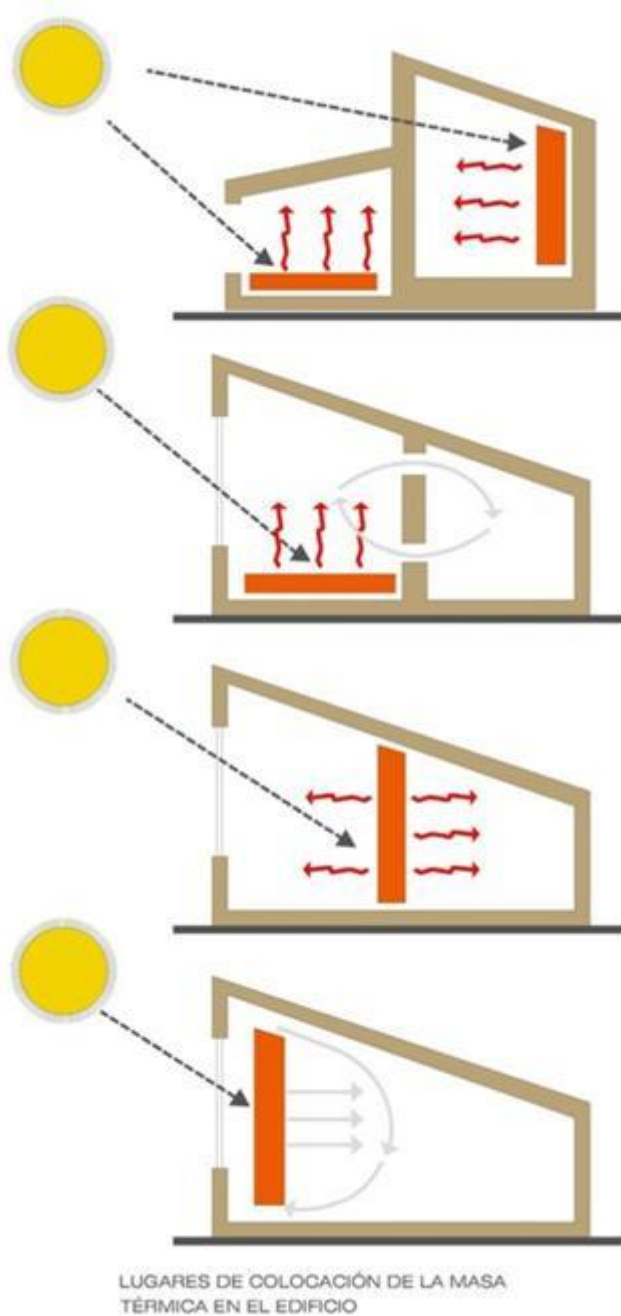
Gracias a la inercia térmica que poseen los materiales usados en distintas construcciones logramos regular la temperatura las 24 horas, en las áreas interiores de un edificio. En meses de calor, un muro denso, teniendo elevada inercia térmica, reúne calor durante las horas de sol hacia el interior, esto porque la variante de temperatura entre ambos, va acumulándolo de manera gradual, y se transmite durante la noche, gracias a una eficiente ventilación. Al siguiente día, la temperatura del muro baja, para comenzar otra vez el ciclo: absorber calor en horas diurnas, y emitirlo en horas nocturnas, conservando una constante temperatura y disminuyendo el uso de artefactos de refrigeración.



A su vez en invierno, el manejo reside en acumular calor en horas diurnas, para luego irradiarlo al ambiente interior durante horas nocturnas cuando cae la temperatura. Estos son mecanismos pasivos de calefacción y refrigeración, que se valen del diferencial térmico entre el lugar y los elementos constructivos, atenúa el diferencial térmico, y actúan de forma anti cíclica (retardo y amortiguación).



El uso eficiente de estos sistemas lógicamente, demanda un previo estudio del clima donde este ubicado el edificio, el asoleamiento, orientación, radiación, etc. Además de un idóneo uso del mecanismo, que contrarreste las altas temperaturas en ambientes donde no es necesario, sumada a una adecuada ventilación, logre enfriar la masa térmica en los meses más calurosos.



### Materiales con elevada inercia térmica

La aplicación de mecanismos de calefacción pasiva en la construcción, logra disminuir el gasto energético de las instalaciones térmicas logrando así el deseado confort dentro del edificio. Algunas medidas, a tomar serian el empleo de materiales con elevada capacidad calorífica o inercia entre estos tenemos el granito, h<sub>2</sub>o, el adobe o la tierra seca (entre 500 y 1000 Kcal/m<sup>3</sup>°C la capacidad calorífica); si queremos ambientes bioclimáticos.



Los materiales que más se usan en la edificación y que además poseen considerable capacidad calorífica aceptable son el ladrillo, la madera o el hormigón, por otra parte con el ambiente a  $400 \text{ Kcal/m}^3\text{C}$ , además de aislantes térmicos con una capacidad calorífica por debajo de  $40 \text{ Kcal/m}^3\text{C}$  tales como: el poliuretano, lana mineral y el EPS, o también celulosa que puede usarse como aislamiento térmico.

Para todos los casos no siempre la solución es la inercia térmica

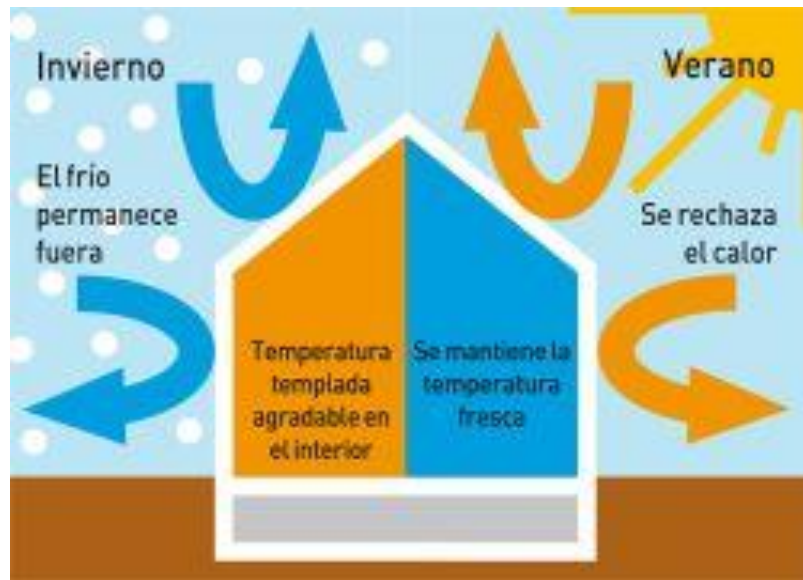
– Ambientes con un conjunto de elementos que aíslan a vivienda de las bajas temperaturas o también llamada envolvente térmica de elevada inercia, para lograr la temperatura de confort deseada, requieren mayor tiempo, ya que tardan en aumentar su temperatura; es por eso que, no es recomendado en edificios que no estén habitados permanentemente. Un ejemplo sería las casas vacacionales, sólo son usadas durante el fin de semana y pueden permanecer cerradas de lunes a viernes.

– Inercia térmica sumada a un adecuado aislamiento podría convertirse en una opción idónea para conservar la estabilidad térmica al interior de una vivienda las 24 horas, en todo momento la vivienda tendrá que estar cerrada durante horas diurnas y además por las noches la temperatura no supere los  $25^\circ \text{C}$ .

– En los meses más calurosos se recomienda bloquear o desviar la radiación solar siguiendo las orientaciones oeste y este, debido a que el exceso de radiación solar podría convertirse en un perjuicio. Si añadimos una alta inercia térmica, la resultante sería justo lo inverso al resultado pensado.

– Construir en seco, con materiales livianos de poca conductividad térmica, posibilita la elaboración de envolventes térmicas y edificios de poca inercia térmica, donde la disminución de calor es ínfima. Este tipo de edificación es usual países con bajas temperaturas como Canadá, EE.UU y Europa. Donde las viviendas se elaboran con madera y sus derivados, además de aislantes térmicos de importantes espesores, vidrios gruesos y sellados, por donde no pueda haber fuga de calor. Las construcciones de este tipo dificultan mucho la circulación de aire.

Aunque en España por el contrario, es usual encontrar puntos de mayor transferencia térmica y un flujo de aire mejorado en edificios, gracias al convencional sistema constructivo usado, por medio de materiales que integran hormigón, agua-cemento, mortero ,yeso, o incluso cerámica, los cuales posibilitan el intercambio de calor con el entorno. Mientras estas edificaciones posean inercia térmica, podrán retener en su masa energía, pero siendo conductores, tenderán a la pérdida de calor, y como resultado las instalaciones térmicas agotarán mayor energía. La solución para España radica en aprovechar un método de edificación el cual adapte por el exterior aislamiento, debido a que este es un conductor pobre, y componentes en el interior de inercia térmica y evitando la envolvente térmica del edificio.



El muro trombe como alternativa de áreas que cumplan la función de invernaderos, piedras para retener calor en cámaras selladas, soterrar la vivienda en el terreno, etc,...son métodos que dependen de la inercia térmica de cada material para calentar o enfriar las áreas interiores, sin depender de medios mecánicos.

- *Cargas de calefacción y refrigeración*

Después de haber anexado todas las cargas de refrigeración de los elementos para cada espacio, procedemos al cálculo de la carga de calefacción.

El método para calcular la carga de calefacción de diseño en edificios es en esencia el mismo usado para encontrar las cargas de refrigeración, pero con algunas discrepancias:

- La temperatura exterior al de las áreas acondicionadas suele ser más baja que las de las áreas controladas.
- No podemos admitir un registro de aumento de calor solar o interno.
- Ignoraremos las consecuencias del almacenamiento térmico de la estructura de la edificación.

Por consiguiente, concluimos que las pérdidas de calor (incrementos de calor negativos) son momentáneas, el calor latente y el intercambio de

calor conductivo se consideran solamente con el fin de resarcir la caída de humedad del área en el entorno exterior. Este punto de vista se excusa ya que analiza los eventos más perjudiciales que podrían suscitarse durante la estación fría. En consecuencia, la carga en base a la situación más desfavorable se basa en los siguientes factores:

- El estado del exterior e interior para el diseño.
- Existencia de fugas por ventilación o infiltración.
- Poca iluminación solar nublado por las noches o en invierno
- Anticipadamente a la continua presencia de personas, accesorios y luces represente una posible incongruencia.

Comodidad Térmica: Índices térmicos PMV y PPD el indicador PMV vaticina el valor medio de la percepción individual de un conjunto de gente en un sitio determinado. La escala PMV posee un escalafón de percepción térmica desde - 3 (frío) a +3 (caliente), en donde cero significa una percepción térmica neutra. Para determinar el número de personas inconforme de un lugar térmico seleccionado, hemos anexado el PPD o indicador de porcentaje de personas insatisfechas. Para el PPD la gente que elige - 3, - 2, +2, +3 según el PMV se considera insatisfecha térmicamente.(Ver tabla N°8 y N°9 para más detalles)

El RITE en su capítulo “Temperatura operativa y humedad relativa” establece algunos parámetros interiores de diseño. (Ver tabla N°10 para más detalles)

#### Análisis dinámico modal espectral

Viene a ser una carga dinámica que podría aplicarse a una estructura determinada, esta podría venir de un amplio rango de mecanismos o eventos. De las diversas fuentes de carga externa que se tomarían en el

diseño de una estructura; la más acuciante, hablando en términos de su potencial de producir consecuencias devastadoras, vendría a ser el movimiento sísmico.

El grado de importancia de la carga sísmica en cualquier parte del mundo está relacionado a su probable intensidad y su probabilidad de ocurrencia. El Perú al encontrarse dentro del Cinturón de Fuego, el cual reúne algunas de las áreas de traslape tectónico más valiosas del planeta, exponiendo una elevada acción sísmica, por lo que es de gran relevancia considerar la magnitud de la fuerza sísmica actuante dentro del diseño de cualquier estructura a diseñarse dentro en el país. Estructuras poco comunes como chimeneas, torres de alta tensión, silos, etc. se construyen con poca frecuencia en nuestro país; dentro de este tipo de estructuras se encuentran los domos monolíticos. Si bien las fuerzas dinámicas sobre éstos comúnmente no controlan el diseño, debemos considerar que, en áreas predispuestas a movimientos sísmicos severos, estas fuerzas pueden ser relevantes. Sin embargo, el comportamiento de estas estructuras bajo cargas sísmicas no ha sido muy estudiado debido a la escasez de éstas alrededor del mundo.

Estudios correspondientes a la respuesta sísmica de edificios se han realizado extensivamente durante muchos años, y consecuentemente la mayoría de códigos y normas tienen métodos de diseño válidos. No obstante, como se ha expresado a las estructuras cáscara le han dedicado un número mucho menor de investigaciones y por tanto las normativas disponibles para los diseñadores son mucho menos. Como resultado de esto, las normas establecidas para edificaciones son a menudo extrapoladas para utilizarlas sobre estas estructuras especiales, lo cual puede llevar a errores en el diseño. Debido a la variedad de formas de tales estructuras, formular una normativa de diseño sísmico para abarcar todos los tipos de cáscaras respondería a tener estudios del comportamiento sísmico de cada una de ellas, los cuales no se tienen extensamente realizados. Los domos son la estructura cáscara más utilizada y la más eficiente; pero, debido a que se han dedicado muy pocos estudios al análisis sísmico de domos de gran luz, ningún método estático se ha adoptado para el análisis y posterior diseño de estas estructuras.



Ante la poca existencia de estudios sobre el comportamiento sísmico de domos monolíticas, la tesis siguiente mostrará un entendimiento de la magnitud y disposición de las fuerzas generadas en el domo mediante la aplicación de un análisis modal espectral, el cual está basado en un espectro de diseño que fue calculado según el reglamento con ayuda de tablas de cálculo, además de unas cuantas pautas adjuntas mostradas en los códigos de diseño. Esto logrará generar un método de análisis sísmico de domos monolíticos que sirva como precedente para la generación de una normativa de diseño adecuada, así como también para la realización de una correcta evaluación de la susceptibilidad sísmica de tales estructuras.

- *Propiedades mecánicas de los materiales*

Como material predominante usaremos el adobe, el adobe es bien sabido que no tiene un buen desempeño ante cargas sísmicas, pero debemos tener en cuenta que la estructura que estamos desarrollando es un domo el cual por su naturaleza distribuye de manera homogénea las cargas sísmicas y no se deforma como una pared común de este material, aparte de eso es un material que por su composición pierde cohesión ante un alto grado de humedad, estos dos inconvenientes tienen solución y son muy variadas entre reforzar el adobe con materiales adicionales en la mezcla como reforzarlo mediante elementos externos como son las geomallas o mallas electro soldadas , en cuanto a su poca resistencia a la humedad se puede optar por impermeabilizarlo con polímeros como la espuma de poliuretano expandido o aditivos como el chema alquitrán , en cuanto a las propiedades mecánicas el peru cuenta con un capítulo dedicado a este material E-080 ya que muchas de las viviendas rurales de nuestro país son de este material .

- *Normatividad*

La fuerza sísmica paralela a la base en las estructuras de tierra reforzada se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$H=S.U.C.P$$

Donde:

S = Factor de suelo en base a lo indicado en la Tabla N° 5.

U = Factor de uso en base a lo indicado en la Tabla N° 6.

C = Coeficiente sísmico en base a lo indicado en la Tabla N° 7.

P = Peso total de la estructura, anexando carga muerta y el 50 % de la carga viva.

- *Análisis sísmico*

Para lograr un buen diseño sísmico se debe realizar indispensablemente un análisis sísmico adecuado, el cual permitirá determinar la configuración más idónea de la estructura para soportar el estrés sísmico correspondiente. La respuesta de incluso la estructura más simple es un análisis dinámico complejo pues existen muchas variables para predecir con un grado de certeza la respuesta ante un sismo desconocido futuro. El criterio de diseño práctico en la actualidad parte de simplificaciones que transforman el fenómeno sísmico complejo en fuerzas equivalentes aplicadas dentro del rango elástico de la estructura.

A diferencia de las edificaciones, los domos tienen un único sistema estructural en el cual depositan su seguridad estructural tanto para solicitaciones gravitacionales como sísmicas. Un aspecto importante para el estudio sísmico es la correlación suelo-estructura pues el movimiento sísmico se propaga en la superficie como un desplazamiento del suelo ante esto, la edificación responde de manera diferente. Este aspecto es muy complicado de evaluar y sólo si se requiriera realizar un análisis riguroso se debe introducir este efecto en dicho análisis. Para propósitos de diseño, es suficiente y relativamente conservador considerar un empotramiento sólido en la base para el estudio del domo.

Las simplificaciones a las que recurre la práctica de la ingeniería sísmica actual permiten establecer un criterio de diseño y, mediante un entendimiento de la estructura, aplicar este criterio consistentemente teniendo en consideración los detalles.

De forma práctica, la resistencia sísmica que se obtiene consistentemente dentro del rango elástico, usando fuerzas estáticas equivalentes para proporcionar una envolvente simulada de fuerzas, cortantes y momentos dinámicos, es probablemente de mayor importancia que la obtenida por soluciones analíticas complejas (Rinne, 1970).

Para el diseño sísmico de cualquier edificio, el requerimiento sísmico se define por la correspondiente norma local y se expresa por medio de un espectro de diseño. Los resultados que se esperan obtener en este caso son las fuerzas y deformaciones producidas por la carga sísmica. Los códigos de diseño plantean, considerando que un estudio estructural se realiza en base a un supuesto proceder dentro del rango elástico, serán dos formas de estudio: estático y dinámico. El primero es una alternativa simplificada para el análisis aplicado mayormente a edificios que se ajustan a determinadas hipótesis de comportamiento y tipos de estructuración. Por otra parte, si bien la norma peruana formula los criterios de diseño sísmico específicamente para edificaciones mediante un análisis dinámico, éste contempla una aplicación más generalizada pues atiende las cualidades o características dinámicas de una edificación, en la obtención de cualquier efecto sísmico sobre ésta que desee calcularse.

## 2.3. MARCO CONCEPTUAL

### 2.3.1 Análisis sísmico

El concepto de análisis sísmico es un concepto muy usado en ingeniería, el cual vendría a ser una anticipación a los efectos durante y después de un sismo sobre una edificación este análisis tiene como finalidad evitar que la estructura a construirse colapse de manera abrupta durante el sismo sino más bien de deformarse lo menos posible a fin de dar a sus ocupantes el tiempo necesario para ponerse a salvo.

### 2.3.2 Análisis térmico

El estudio térmico viene a ser un conglomerado de métodos analíticos que estudian las variantes térmicas que se puedan dar en los materiales. Si un material pierde o gana calor, sufrirá variaciones a nivel molecular y químico como fusión, sublimación, solidificación, cristalización, descomposición, oxidación térmica.

En resumen estas variaciones pueden analizarse calculando la variación de diversas propiedades de la materia en base a la temperatura, el tiempo y una atmósfera dada.

### 2.3.3 Domo monolítico

Un domo monolítico (del griego mono y -lítico, que significa “una piedra” es una estructura moldeada en una sola pieza. El domo vendría a ser la mitad de una esfera.

### 2.3.4 Muro trombe

Es un mecanismo de absorción solar pasivo el cual dispensa de partes móviles y que requiere pocas atenciones. Este método plantea incrementar

la energía solar que llega a un muro para así convertirlo en un sistema de calefacción simplificado.

Su componente principal viene a ser una placa colectora orientada hacia la dirección del sol más irradiante a lo largo del día el cual puede variar dependiendo del hemisferio además es elaborado con elementos sensibles al calor.

### 2.3.5 Inercia térmica

Es la facultad que posee la materia de preservar la energía térmica absorbida e ir irradiándola paulatinamente, reduciendo de esta manera la dependencia de otras fuentes de calefacción.

Es una técnica de reunir energía de un material depende de su masa, su densidad y su calor específico. Construcciones de mucha inercia térmica muestran fluctuaciones térmicas más firmes debido al calor almacenado en el día y liberado en horas de la noche, esto significa que mientras más inercia térmica exista más estabilidad térmica habrá.

### 2.3.6 Sismo resistencia

Un edificio es resistente a los sismos siempre que se elabore y edifique siguiendo una forma estructural apropiada, usando elementos de óptimas dimensiones y materiales de buena proporción y resistencia necesaria para resistir el impacto de fuerzas provocadas por sismos eventuales. Aunque se estudie y elabore un edificio siguiendo los parámetros que indican las construcciones sismo resistente y normas de diseño, habrá una vaga oportunidad de ocurrir un terremoto más potente aún del anticipado y el cual deberá ser afrontado por el edificio sin presentar daños. Debido a esto no hay edificios 100% sismo resistente. Aunque, la resistencia sísmica es una habilidad o propiedad que se proporciona a un edificio con el fin de asegurar la seguridad de las personas de quienes la habitan. Aunque existan perjuicios, en el supuesto de un sismo grave, la edificación estará preparada para resistirlo y no colapsará permitiendo que no haya pérdidas materiales o humanas.

### 2.3.7 Foto catalizador

Un catalizador es una sustancia que se puede adicionar a una reacción para incrementar la velocidad de reacción sin ser consumida en el proceso. Al usar el término foto catalizador nos estamos refiriendo a la capacidad de absorber la luz del entorno dado en una forma más rápida e eficiente.

### 2.3.8 Eficiencia energética

El uso competente de la energía, a veces simplemente llamado eficiencia energética o ahorro energético, tiene como meta reducir la cantidad de energía requerida para cubrir las necesidades básicas de un ambiente. Por ejemplo, aislar una casa del entorno permite que un edificio use menor cantidad de energía de calefacción y refrigeración está calculada según los watts consumidos, para lograr y mantener una temperatura agradable. Las mejoras en el consumo energético se alcanzan generalmente mediante la implementación de tecnologías o procesos de producción más eficientes o a través de métodos para reducir las pérdidas de energía.

### 2.3.9 Placas colectoras

El tipo más convencional de recolector solar es un captador solar plano. Viene a ser un artefacto usado para absorber la energía proveniente del sol, convirtiéndola en energía térmica económica pudiendo usarse de forma doméstica o comercial tales como: calefacción, agua temperada y climatización. En esencia es la parte principal de un recolector solar.

### 2.3.6 Ferro cemento

Es un material compuesto, delgado, manejable, formado por una gran cantidad de mallas de alambre de acero de un diámetro pequeño están repartidas por la sección transversal de forma homogéneamente, liviana y

muy resistente lo convierte en un material idóneo para estructuras tipo cascara como un domo.

Está compuesto por un mortero el cual posee gran cantidad de cemento y agua alcanzando un desempeño incrementado si lo comparamos con el hormigón armado donde la resistencia depende de la geometría que sus partes posean; su uso es común en construcción y es usado para esculturas. Posee una elevada resistencia y es muy rentable. Buen desempeño ante el fuego, excelente desempeño ante los terremotos. Posee una variada gama de usos que abarcan desde la construcción de casas, arquitectura orgánica hasta tanques recolectores, elaboración de esculturas y construcción de buques y barcos.

### 2.3.7 Confort térmico

Es conocido como la percepción neutra de la gente en base a un entorno térmico definido. En base a la ISO 7730 el confort térmico “es un acondicionamiento de la mente traducida en la satisfacción con el entorno térmico”.

El confort térmico pende de muchas variables externas, como velocidad y temperatura del aire, humedad, además de variables específicas internas entre las que tenemos la cantidad de actividad física, ropa usada o el metabolismo individual.

Para alcanzar la sensación de confort, el equilibrio de pérdidas y ganancias de calor deberá ser cero, manteniendo de esta manera nuestro calor natural, siempre y cuando se alcanza el equilibrio térmico.

### 2.3.8 Control de derivas

Viene a ser un parámetro a considerar para evitar el desplazamiento excesivo de un edificio durante un sismo.

El mayor desplazamiento relativo de entrepiso, cuantificado en base al punto 5.1 del reglamento E.030, no debe pasar la distorsión o fracción de la altura de piso a piso que se plantea en la tabla N°03.

## **2.4. HIPOTESIS**

Al usar un domo como estructura principal, esperamos que las distorsiones de entrepisos no superen la deriva o los límites de distorsión de 0.007, proporcionados por la norma E.030.

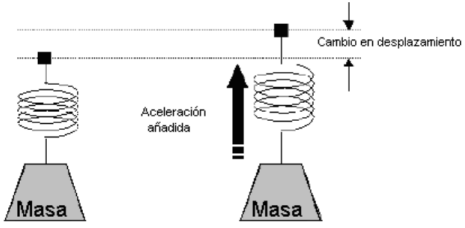
Al adaptar el principio de muro trombe a una vivienda tipo domo de adobe se espera incrementar la temperatura interior de la vivienda de (21°-23°) especificada por la norma ISO 7730 alcanzando un confort térmico.

## **2.5. VARIABLES E INDICADORES**

- Parámetros a considerar para el diseño sismorresistente del domo de adobe.
- Parámetros a considerar para el diseño adecuado de muros Trombe del tipo simple con flujo de aire delantera.



	VARIABLE	DIMENSIONES	INDICADORES	UNIDADES	INSTRUMENTOS
VI	Temperatura exterior	Temperatura promedio de los meses junio y julio.	Dilatación térmica del mercurio o alcohol.	C°	Termómetro
VI	Radiación solar directa	Energía solar de onda corta promedio diario por metro cuadrado.	Incremento de la temperatura por radiación solar absorbida por superficie ennegrecida medida por sensor.	Kwh/m <sup>2</sup>	Piranómetro
PARAMETROS	Eficiencia energética	Costo eléctrico o combustible gastado por metro cuadrado construido.	Cantidad de Combustible o corriente eléctrica usada para acondicionar un área.	Soles/Kwh(electricidad) Soles/kg(carbón) Soles/L(gasolina)	Medidor Balanza Galonera
	Confort térmico	Temperatura promedio por área necesaria para mantener la temperatura corporal de los residentes de una vivienda.  (21-23)	Grados centígrados por metro cuadrado ganados durante el día y mantenidos durante la noche.	C°	Termómetro
VD	Aceleración máxima horizontal(Z)	Zonificación Propuesta basada en la distribución espacial de la sismicidad observada en las diferentes regiones del país.	Aceleración que sufre la superficie del suelo durante un sismo y es registrada por sensores.	m/s <sup>2</sup>	Acelerómetro

VD	Factor de amplificación sísmica(C)	Este coeficiente se interpreta como el factor de amplificación de la aceleración estructural respecto de la aceleración en el suelo.	<p>Magnitud de la aceleración(a) obtenida por la multiplicación de la rigidez (k) de un resorte por el desplazamiento de una masa fija(x) dividido entre la masa (m).</p> $a=k*x/m$ 	m/s <sup>2</sup>	Acelerómetro
----	------------------------------------	--	---	------------------	--------------

VD	Factor de suelo(S)	<p>Velocidad promedio de propagación de las ondas de corte (<math>\bar{V}_s</math>).</p> <p>Promedio ponderado del ensayo estándar de penetración, (<math>\bar{N}_{60}</math>).</p> <p>Promedio ponderado de la resistencia al corte en condiciones no drenadas, (<math>\bar{S}_u</math>)</p>	$\bar{V}_s = \frac{\sum_{i=1}^n d_i}{\sum_{i=1}^n \left( \frac{d_i}{V_{si}} \right)}$ <p>Donde <math>d_i</math> es el espesor de cada uno de los <math>n</math> estratos y <math>V_{si}</math> es la correspondiente velocidad de ondas de corte (m/s).</p> $\bar{N}_{60} = \frac{\sum_{i=1}^m d_i}{\sum_{i=1}^m \left( \frac{d_i}{N_{60i}} \right)}$ <p>Donde <math>d_i</math> es el espesor de cada uno de los <math>m</math> estratos con suelo granular y <math>N_{60i}</math> es el correspondiente valor corregido del SPT.</p> $\bar{S}_u = \frac{\sum_{i=1}^k d_i}{\sum_{i=1}^k \left( \frac{d_i}{S_{ui}} \right)}$ <p>Donde <math>d_i</math> es el espesor de cada uno de los <math>k</math> estratos con suelo cohesivo y <math>S_{ui}</math> es la correspondiente resistencia al corte en condición no drenada (kPa).</p>	-	Ensayo de penetración estándar (NPT)
----	--------------------	---	---	---	--------------------------------------

VD	Periodo ( $T_P$ , $T_L$ )	<p>Tiempo necesario para que la estructura vibre, el mayor tiempo o ciclo se le llama periodo fundamental de vibración (T)</p> <p>Ligado al perfil de suelo.</p>	<p>CT = 35</p> <p>Para edificios cuyos elementos resistentes en la dirección considerada sean únicamente:</p> <p>a) Pórticos de concreto armado sin muros de corte.</p> <p>b) Pórticos dúctiles de acero con uniones resistentes a momentos, sin arriostramiento.</p> <p>CT = 45</p> <p>Para edificios cuyos elementos resistentes en la dirección considerada sean:</p> <p>a) Pórticos de concreto armado con muros en las cajas de ascensores y escaleras.</p> <p>b) Pórticos de acero arriostrados.</p> <p>CT = 60</p> <p>Para edificios de albañilería y para todos los edificios de concreto armado duales, de muros estructurales, y muros de ductilidad limitada.</p>	Segundos(s)	Acelerómetro

VD	Factor de uso(U)	Depende de la importancia de la edificación	"A"(Edificaciones esenciales) "B"(Edificaciones importantes) "C"(Edificaciones comunes) "D"(Edificaciones temporales)	-----	Proyectista
VD	Coeficiente de reducción sísmica(R)	Energía disipada según tipo de estructura manteniendo su integridad.	<p style="text-align: center;"><u>Acero:</u></p> Pórticos Especiales Resistentes a Momentos (SMF): 8 Pórticos Intermedios Resistentes a Momentos (IMF) :7 Pórticos Ordinarios Resistentes a Momentos (OMF) :6  Pórticos Especiales Concéntricamente Arriostrados (SCBF) :8  Pórticos Ordinarios Concéntricamente Arriostrados (OCBF): 6  Pórticos Excéntricamente Arriostrados (EBF) :8  <p style="text-align: center;"><u>Concreto armado:</u></p> Pórticos:8  Dual :7  De muros estructurales:6  Muros de ductilidad limitada:4  Albañilería Armada o Confinada: 3 Madera (Por esfuerzos admisibles): 7	-----	Proyectista

VD	Material del domo	Metros cúbicos de adobe y concreto usados para la cubierta.	Metros cúbicos por área a construir.	m <sup>3</sup>	Proyectista
VD	Material de la placa colectora	Metros cuadrados de mica o vidrio usados para la cámara de intercambio térmico.	Metros cuadrados usados por cada cámara de intercambio térmico.	m <sup>2</sup>	Proyectista
VD	Espesor de la placa colectora	Milímetros de espesor necesarios para la máxima absorción de radiación solar	Milímetros por metro cuadrado de superficie.	mm	Proyectista
VD	Orientación de la placa colectora	Alineación de las placas colectoras con relación a los puntos cardinales	Mayor incidencia solar sobre área expuesta.	Grados(°)	Proyectista

### **III. METODOLOGIA EMPLEADA**

#### **3.1. TIPO Y NIVEL DE INVESTIGACIÓN**

- a. Tipo de investigación: Explicativa**
- b. Nivel de investigación: Materiales y Estructuras**

#### **3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA DE ESTUDIO**

**a. Población de estudio.**

La investigación es una innovación ya que no existe precedente alguno de haberse usado un domo de adobe sismo resistente con propiedades foto catalizadoras en nuestro país. Es por eso que no contamos con una población de estudio.

**b. Muestra de estudio.**

No contamos con población por las mismas razones del punto anteriormente expuesto.

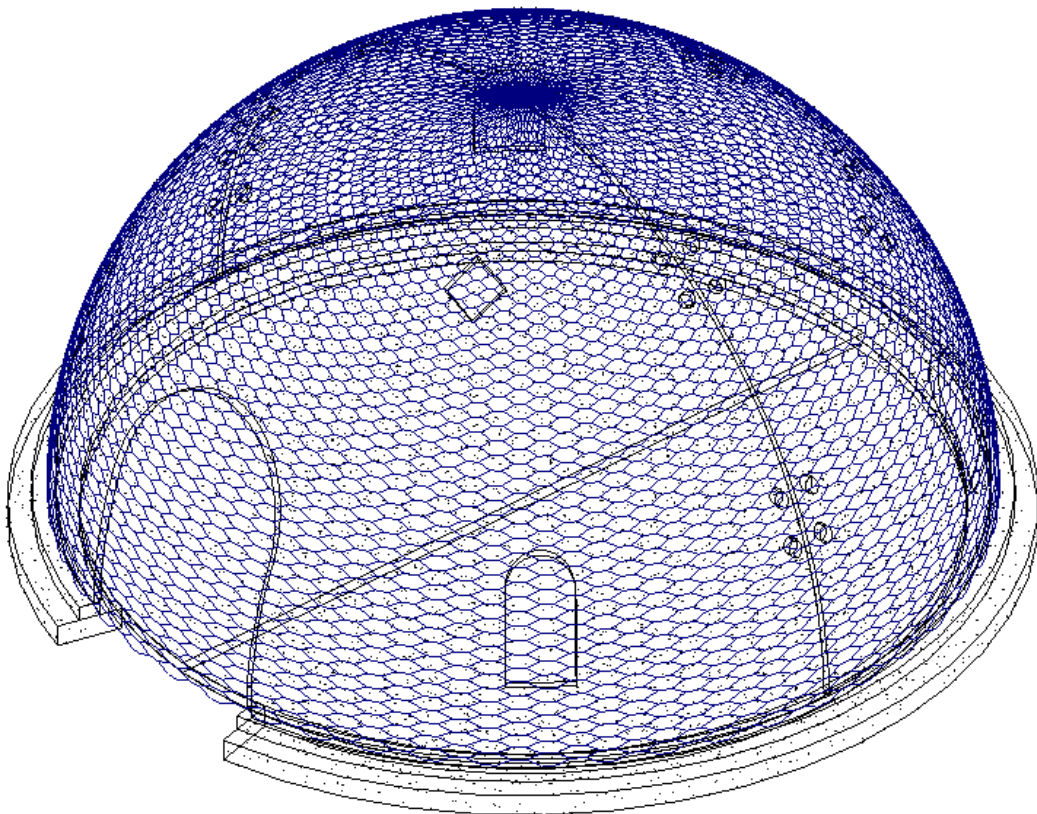
#### **3.3. DISEÑO DE INVESTIGACIÓN**

Empleamos un modelo BIM el cual sometemos a un análisis sismo resistente y a un análisis térmico. Verificamos si nuestro modelo cumple las especificaciones dadas por la norma E.030 y la ISO 7730.

- *Propuesta de armado de estructura*

El armado que usaremos será basado en el armado usado para estructuras de fierro cemento, el cual consta de un mallado base el cual servirá como apoyo de la primera cubierta del domo y en el cual se asentara el adobe, este mallado tiene un patrón hexagonal.

La idea es que la mezcla de adobe quede adherida al mallado hexagonal y pueda solidificarse hasta alcanzar la forma del domo.



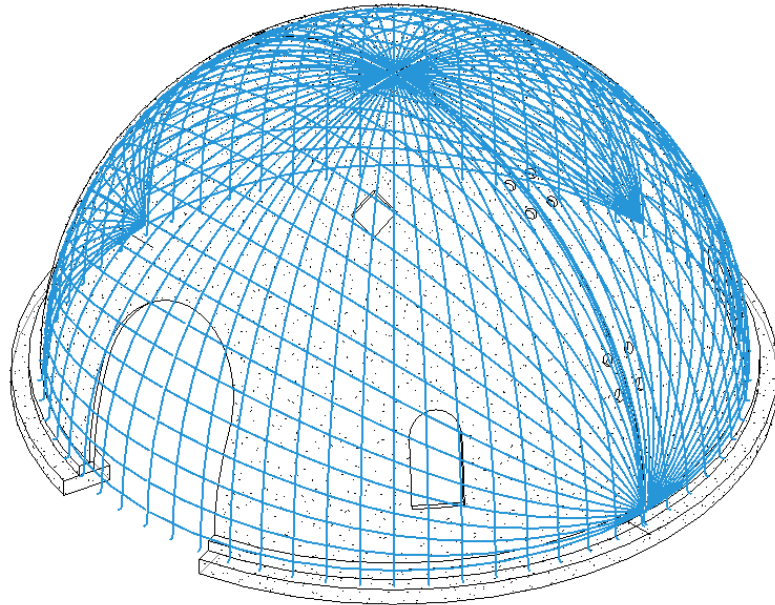
d) De metal expandido



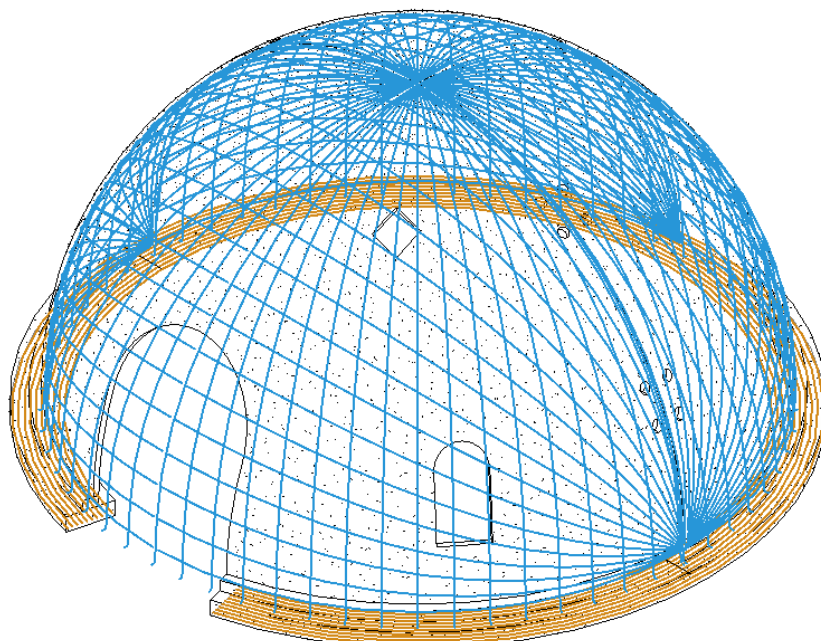
e) Tejida hexagonal



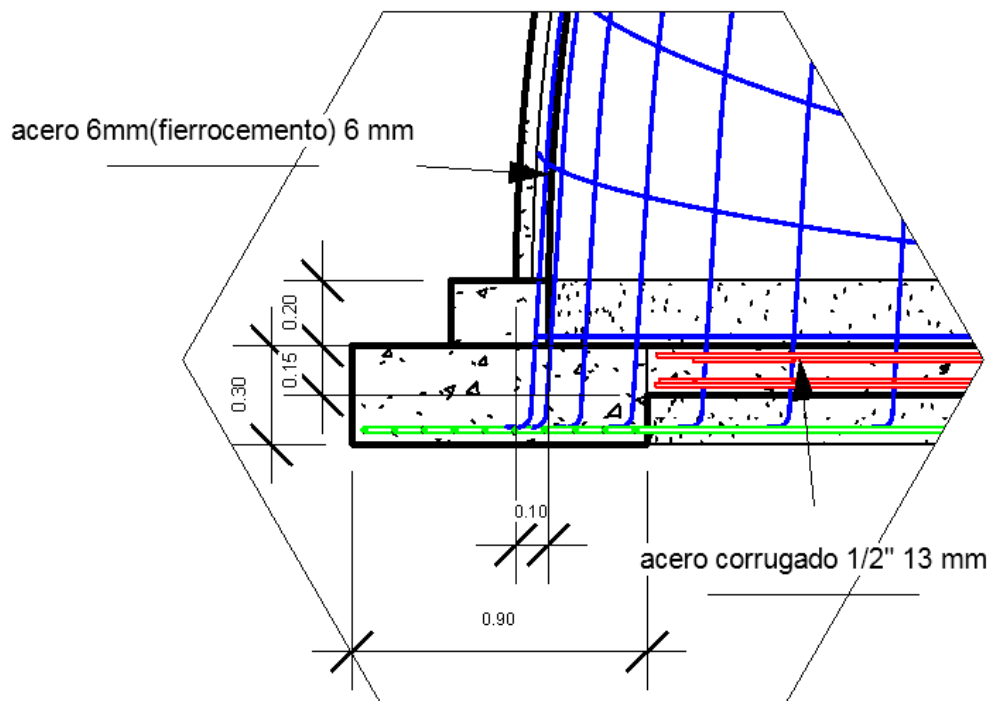
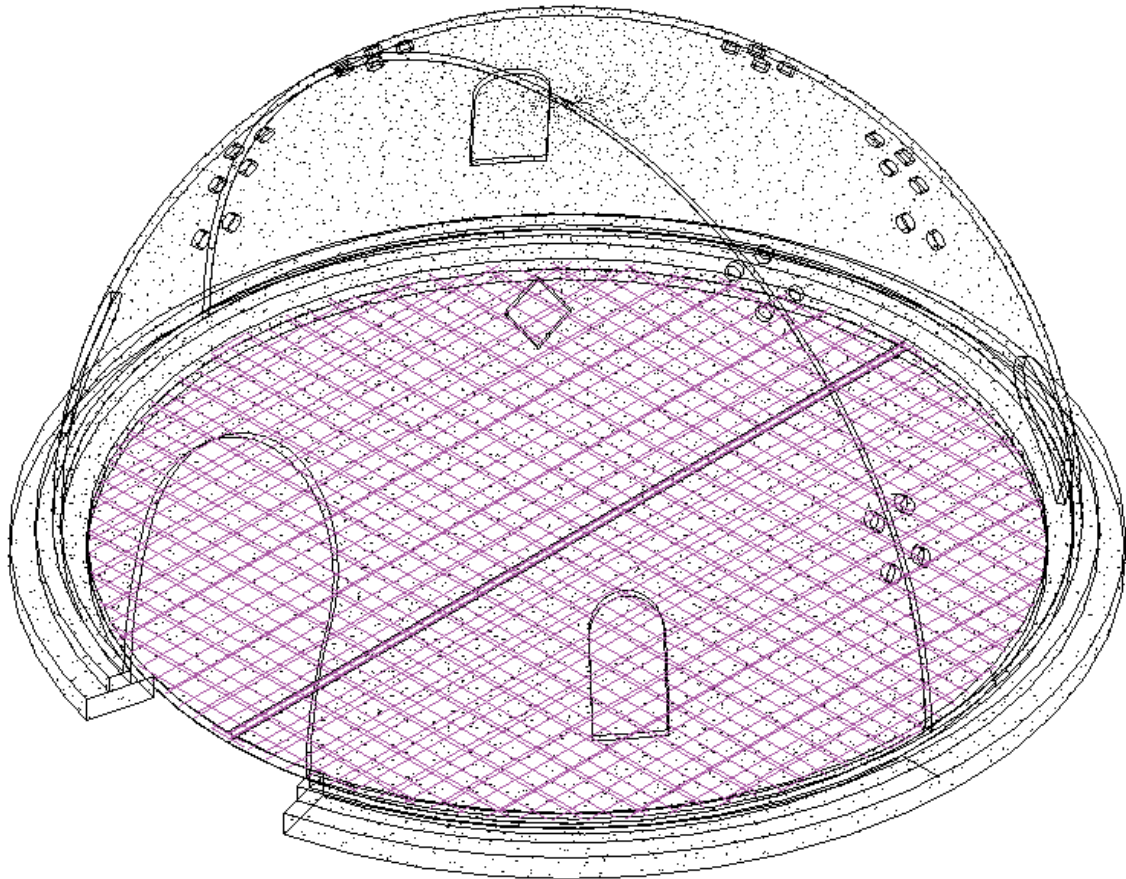
Posteriormente colocaremos el refuerzo que le dará la rigidez necesaria para soportar los posibles sismos que se susciten en el lugar, para este refuerzo consideramos que las barras de 6mm son adecuadas separadas 60 cm entre cada una, para no sobrecargar demasiado la cubierta y en cuanto a la disposición de las varillas optamos por una forma en abanico la cual hará que sea más fácil amarrarla a la rejilla hexagonal base.



Respecto a la cimentación a usar nos decidimos por acero corrugado de 5/8" el cual le dará un buen soporte a la base del domo y el cual deberá ser amarrado a los ganchos de las varillas de 6mm. Si bien podemos usar varillas de menor diámetro ya que en si la cimentación no tiene que soportar una carga tan excesiva que digamos, elegimos el diámetro de 5/8" simplemente por darle una mayor rigidez al anillo de cimentación.



En cuanto al suelo proponemos un vaciado de concreto de 15 cm de grosor reforzado por varillas de  $\frac{1}{2}$ " separadas entre sí por 29 cm sobre el cual se colocará una capa de 20 cm de material aislante ya sea espuma de polipropileno expandido u otro material.



### 3.4. TECNICAS E INSTRUMENTOS DE INVESTIGACIÓN

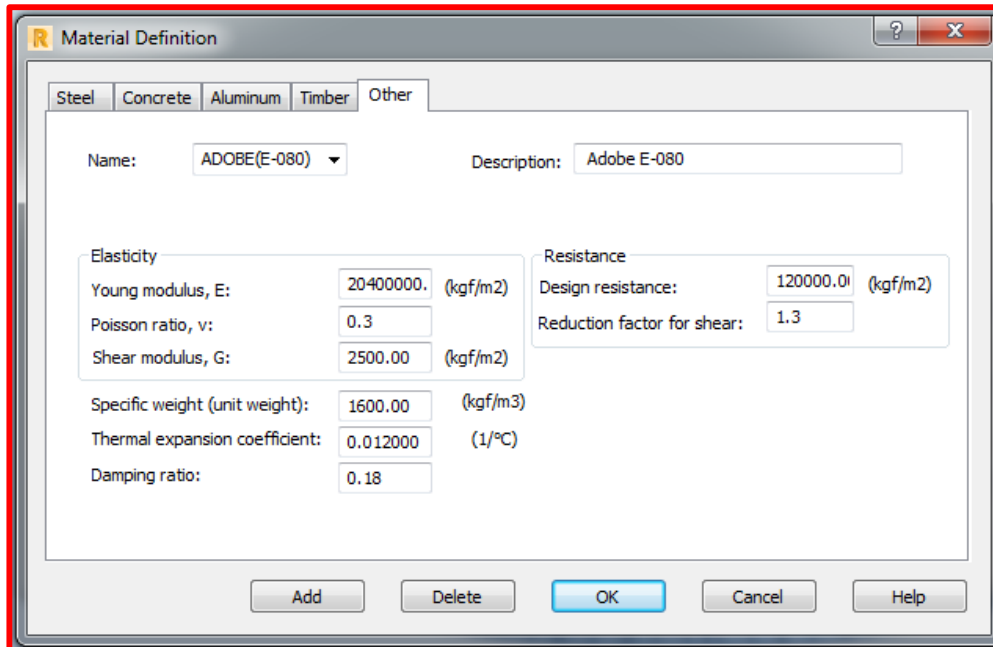
Usamos datos técnicos recopilados del SENAMHI, IGP, E.030, ASCE 7-05 citas de internet y de investigaciones pasadas ya que necesitamos datos reales para una correcta simulación.

#### **Esfuerzos admisibles (E-080):**

- Resistencia a la compresión de la unidad  $f_o=12\text{kg/cm}^2$
- Resistencia a la compresión de la albañilería  $f_m=0.2 f'm$  ó  $2 \text{ kg/cm}^2$
- Resistencia a la compresión por aplastamiento  $f_{oap}=1.25 f_m$
- Resistencia al corte de la albañilería  $v_m=0.25 \text{ kg/cm}^2$
- Densidad aproximada  $1500$  a  $1700 \text{ kg/m}^3$
- Resistencia a la tracción/flexión: buena (si tienen paja o están estabilizados)
- Resistencia al agua/hielo: mala (conviene estabilizarlos o revestirlos de cal)
- Resistencia al fuego: excelente
- Módulo de Young  $10.000$  a  $70.000 \text{ kg/cm}^2$

#### **Datos de material ingresados al programa:**

- Módulo de Young o elasticidad  $(E)=2040 \text{ kgf/cm}^2$  (NORMA E-080; 8.7)
- Módulo de Poisson  $(\nu)=0.35$
- Resistencia al corte de la albañilería  $v_m=0.25 \text{ kg/cm}^2$
- Peso específico del adobe  $=1600 \text{ kg/m}^3$
- Coeficiente de dilatación térmica  $=0.012 \text{ mm/m}^\circ\text{C}$
- Coeficiente de amortiguamiento máximo  $=18\%$
- Resistencia a la compresión de la unidad  $f_o=12\text{kg/cm}^2$
- Factor de reducción de corte  $=1.3$  (adobe estabilizado)



El estudio se hizo en base a la norma vigente NTE E-030 del Reglamento Nacional de Edificaciones. Teniendo en cuenta las condiciones del terreno, las características de la estructura y las condiciones de uso, se emplearon los siguientes parámetros sísmicos:

Factor de Zona:  $Z = 0.35$  (Zona 3)

Factor de Uso:  $U = 1.00$  (Edificación Común) (Categoría "C")

Factor de suelo:  $S = 1.15$  ("S<sub>2</sub>" Suelo Intermedio)

Periodo de la plataforma  $T_p = 0.6$

Periodo que define el inicio de la zona del espectro con desplazamiento de constante.

$T_L = 2.0$

$$T = \frac{hn}{Ct} = \frac{6}{60} = 0.1$$

$T < T_p$  -----  $C=2.5$

Para nuestro caso en particular, el domo al ser una estructura muy diferente a las estructuras que generalmente conocemos, merece un factor de reducción sísmica que defina la correspondiente capacidad de

resistencia lateral. Los datos de (R) se calculan por experiencias anteriores sobre el desempeño en edificios semejantes ante sismos severos; se comprueba además en valores trabajados por procedimientos alcanzados con los conocidos regla de igual desplazamiento y energía. Así, se tomará como valor (R) el propuesto por el ASCE standard 7-05 *Cargas mínimas de diseño para edificios y estructuras atípicas*. En su capítulo 15 (*Requisitos de diseño sísmico para estructuras atípicas*). En los anexos se muestra la tabla correspondiente a los factores de reducción sísmica para estructuras diferentes a edificios, donde el domo a analizar pertenecería a edificios de acero y concreto armado en volado con masa distribuida; donde se incluyen las chimeneas, silos y tanques; que no son similares a edificaciones, a las cuales les corresponde un valor de (R) igual a 3.

Coeficiente de reducción dirección horizontal  $R_x = 3$  (Chimeneas, silos y tanques) (asce 7-05)

Coeficiente de reducción dirección vertical  $R_y = 3$  (Chimeneas, silos y tanques) (asce 7-05)

$$\text{Por consiguiente: } V = \frac{Z * U * C * S}{R} * P \quad V = \frac{0.35 * 1 * 2.5 * 1.15}{3} = 0.3354 * P$$

- *Cargas de diseño*

Para techos a una o dos aguas con inclinaciones mayores que  $30^\circ$  la carga de diseño ( $Q_t$ ), sobre la proyección horizontal, será:

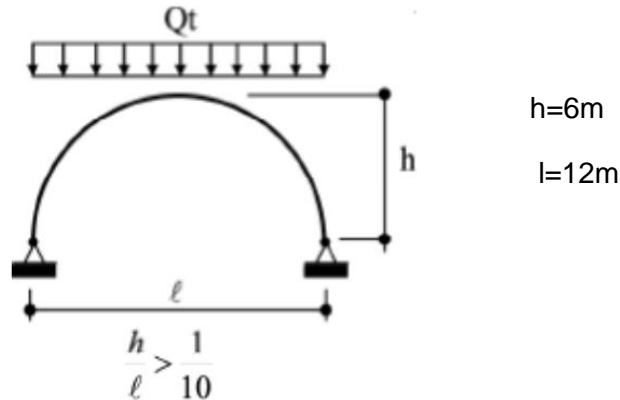
$Q_t = C_s (0,80Q_s)$  donde  $C_s = 1 - 0,025(\alpha^\circ - 30^\circ)$ , siendo  $C_s$  un factor adimensional.

$$C_s = 1 - 0.025(60 - 30) \text{-----} C_s = 0.25$$

$$Q_t = 0.25 (0.80 * 40) \text{-----} Q_t = 8 \text{kgf/m}^2$$

Espesor del domo de adobe = 10cm

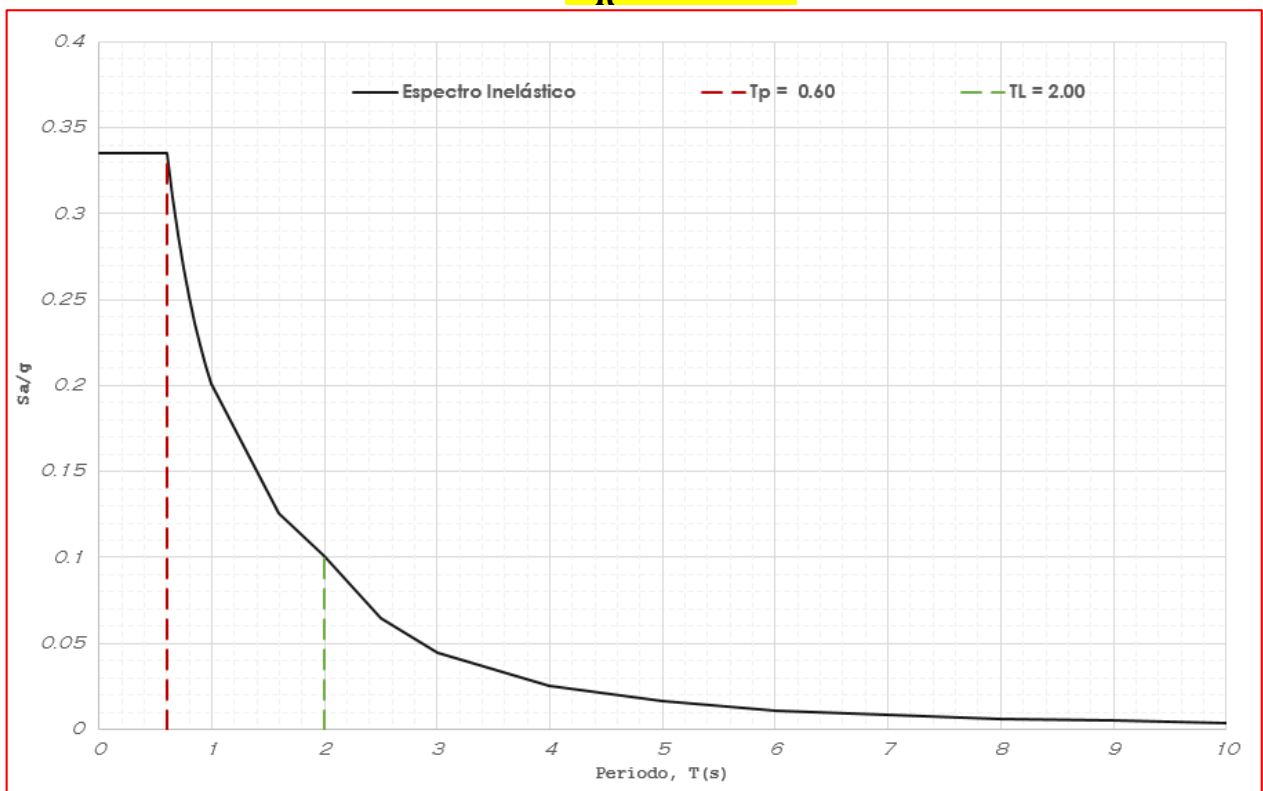
Si bien deberíamos usar los 8 kgf/m<sup>2</sup> para nuestro caso, usaremos una sobrecarga de 40 kgf/m<sup>2</sup> que es la carga de nieve para suelo mínimo, con el propósito de determinar que tanto se deforma nuestro domo además tendríamos una carga viva para techo (curvos) de 50 kgf/m<sup>2</sup>.



- *Espectro de diseño*

Para el análisis dinámico del domo empleamos un Espectro de reacción en base al E.030. Haremos esto para cada dirección del domo tanto en la dirección X como en la dirección Y.

$$\frac{ZUCS}{R} = 0.3354$$



- *Periodos y modos de vibración*

The screenshot shows the 'Analysis Type' dialog box with the following table:

No.	Name	Analysis Type
10	Notional loads X+	Static - Linear
11	Notional loads Y+	Static - Linear
12	Notional loads Y+	Static - Linear
13	Modal	Modal
14	Spectral Direction_X	Spectral
15	Spectral Direction_Y	Spectral
16	Spectral Direction_Z	Spectral

The 'Modal Analysis Parameters' dialog box shows:

- Case: Modal
- Number of modes: 10
- Tolerance: 0.0001
- Number of iterations: 40
- Acceleration: 9.80665
- Mass matrix:  Lumped without rotations
- Active mass directions:  X,  Y,  Z

Frequency: N/A (Hz)  
Cases: 13 (Modal)

- *Determinación del espectro*

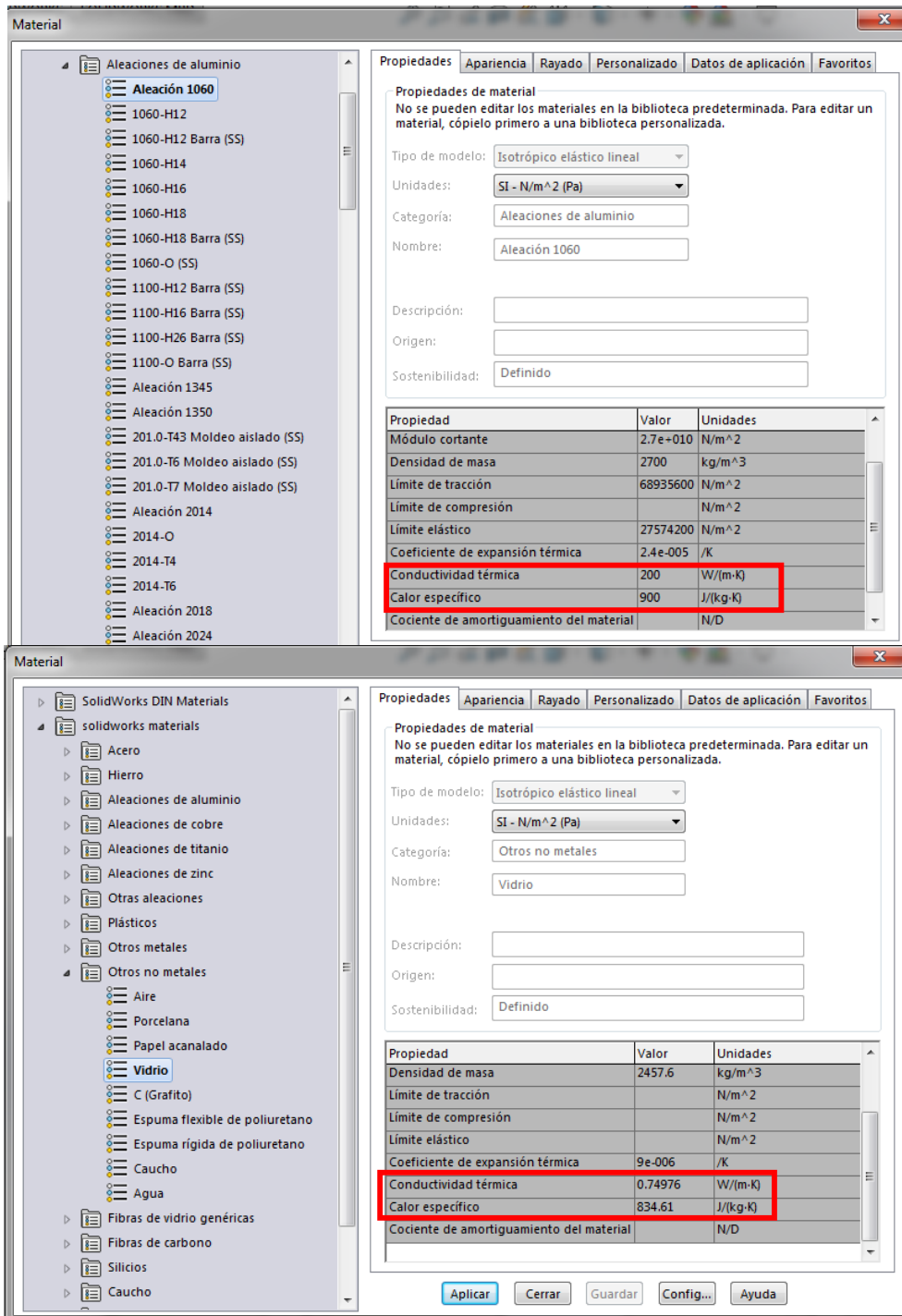
The screenshot shows the 'Object Inspector' on the left with a tree view of the model's geometry. The 'Analysis Type' dialog box is the same as in the previous screenshot. The 'Spectral Analysis Parameters' dialog box shows a graph of Acceleration (m/s<sup>2</sup>) vs. Period (s) for 'Spectral Direction\_X'. The graph shows a red curve starting at 4.0000 and a green curve starting at 3.0000, both decreasing as the period increases. The 'Defined spectra' list contains '1 espectro XX'. The 'Spectra selected for calculations' list contains 'Spectrum 1' and 'espectro XX'. The 'Damping' is set to 0.0.

Dis 0mm  
Max= 0.0  
-PZ KG  
Cases: 1 (peso propio)



- *Análisis térmico régimen permanente*

Para el análisis térmico de régimen permanente usaremos una fuente de calor la cual vendrá a ser los wats por hora que irradia el sol sobre la superficie del domo y las placas colectoras, hemos elegido el aluminio específicamente la aleación 1060 ya que su conductividad térmica es mayor a la del vidrio.





### **3.5. PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS**

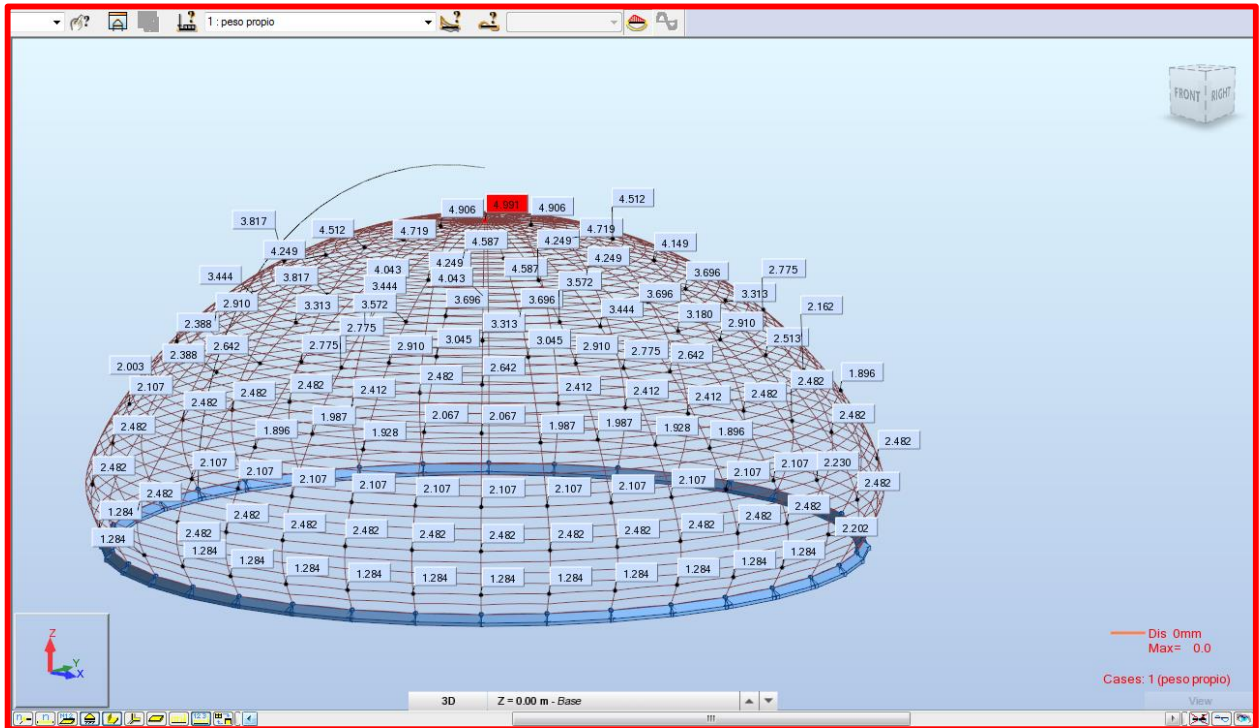
Para nuestro estudio utilizamos el procedimiento retrospectivo y descriptivo, en otras palabras, examinamos, estudiamos y cotejamos el desarrollo de las deformaciones en base a los distintos tipos de cargas, además elegimos el material más idóneo para las placas colectoras para finalmente obtener nuestras conclusiones.

Los métodos que utilizamos son los siguientes:

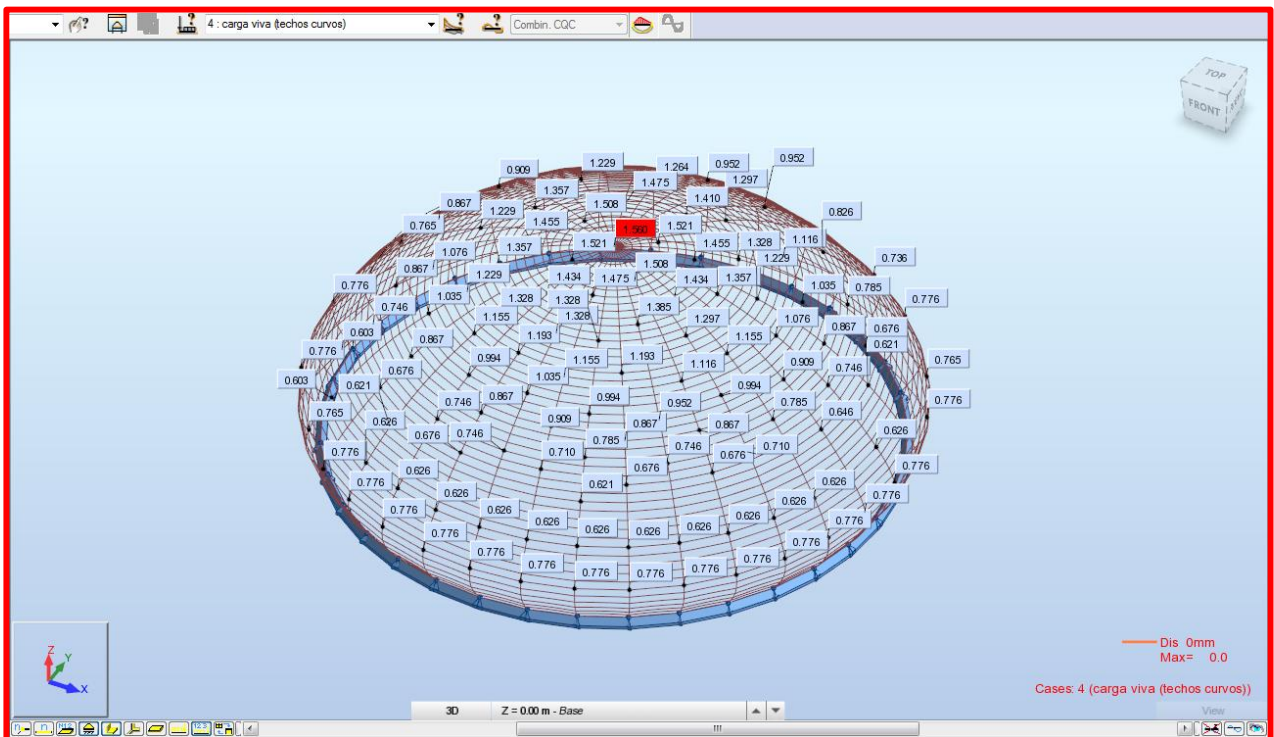
- Administración de la data.
- Tablas
- Gráficos
- Diseño BIM, estructurales y térmicos
- Análisis e Interpretación

El modelo BIM generado en el software revit será exportado al software robot structural análisis para un análisis sismo resistente, verificado nuestro diseño procederemos a hacer un análisis por radiación y convección mediante el software solidworks toda la data climatológica, desde la nubosidad, precipitación, velocidad y dirección del viento hasta el flujo solar son del satélite de la NASA MERRA-2, los cuáles serán comparados con los resultados de acuerdo a los materiales propuestos a fin de obtener el máximo confort térmico.

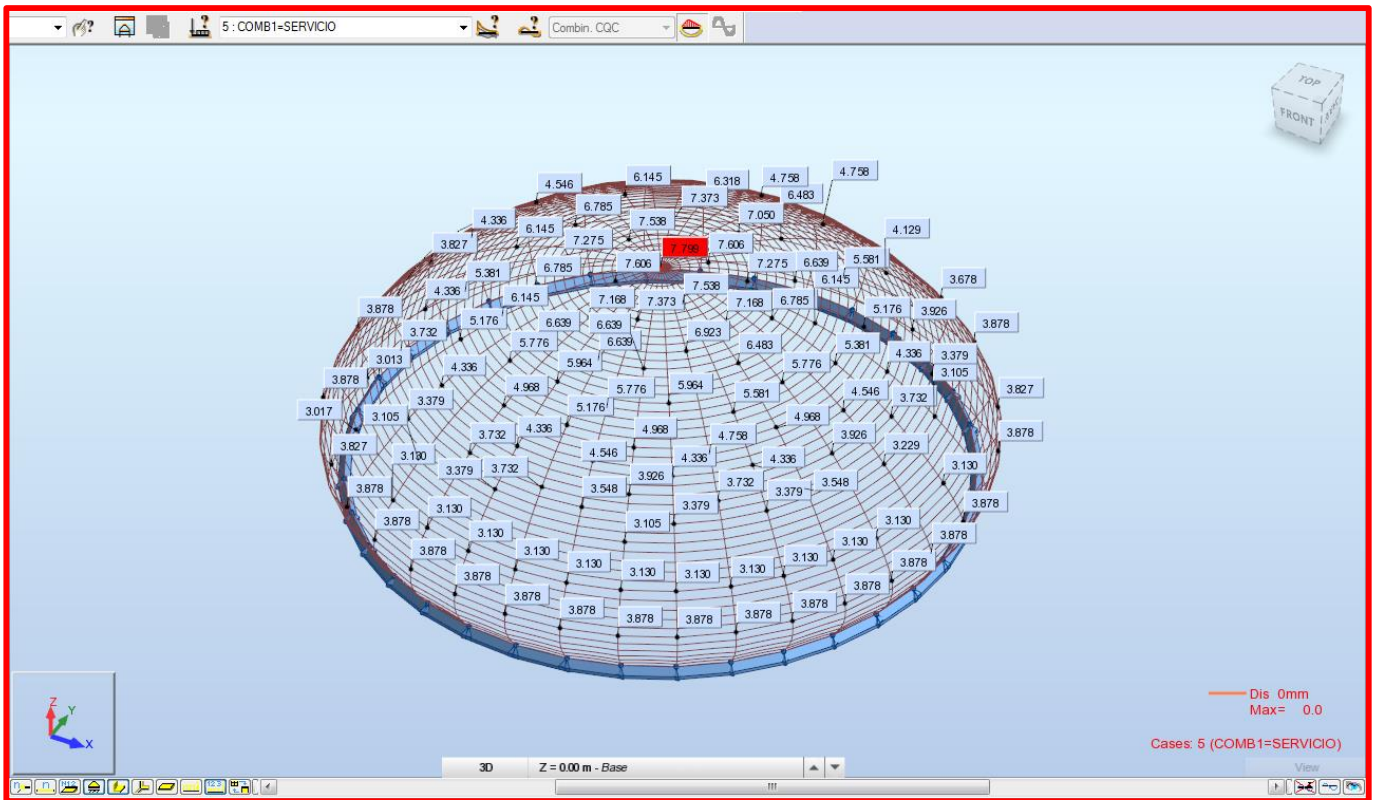
## DEFORMACION POR PESO PROPIO



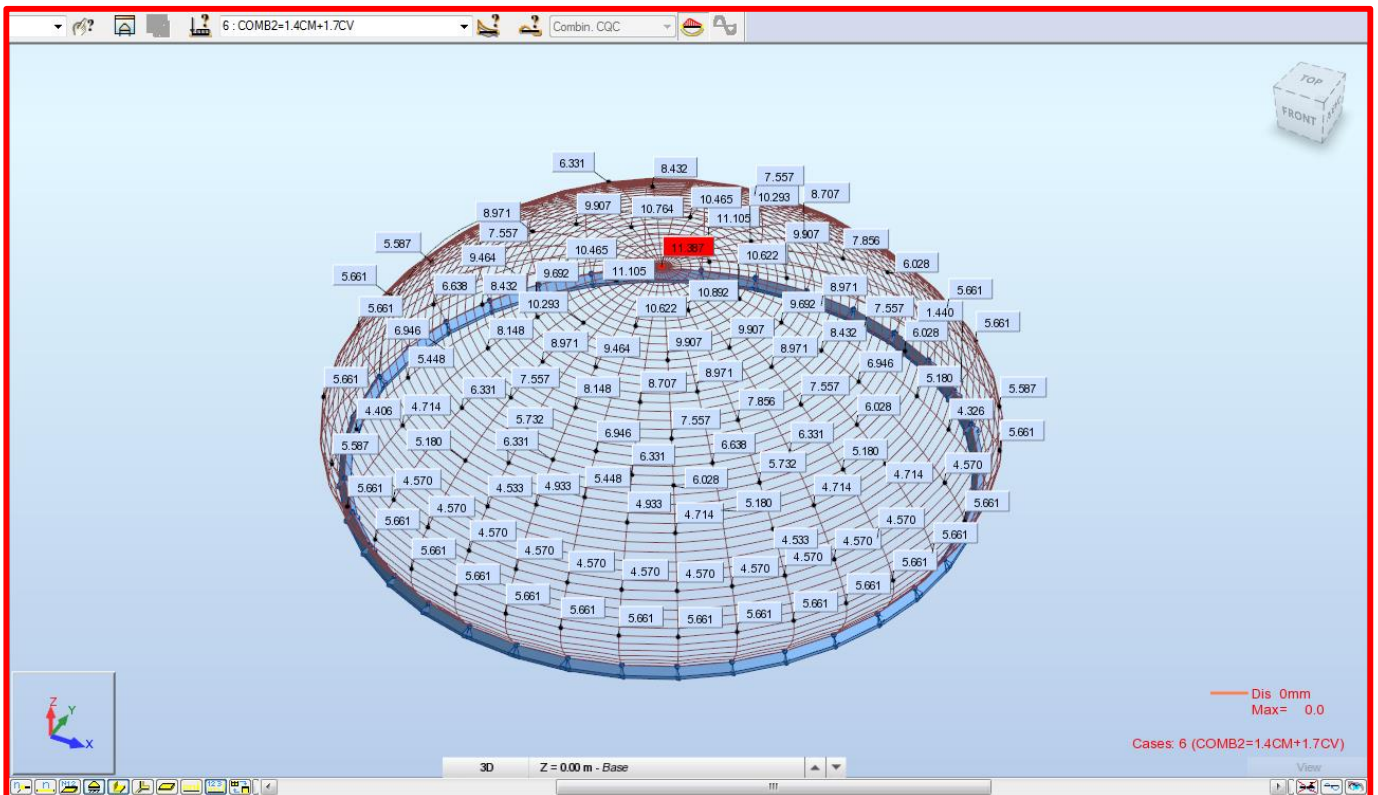
## DEFORMACION CARGA VIVA (TECHOS CURVOS)



## DEFORMACION POR CARGA DE SERVICIO (CV+PP)

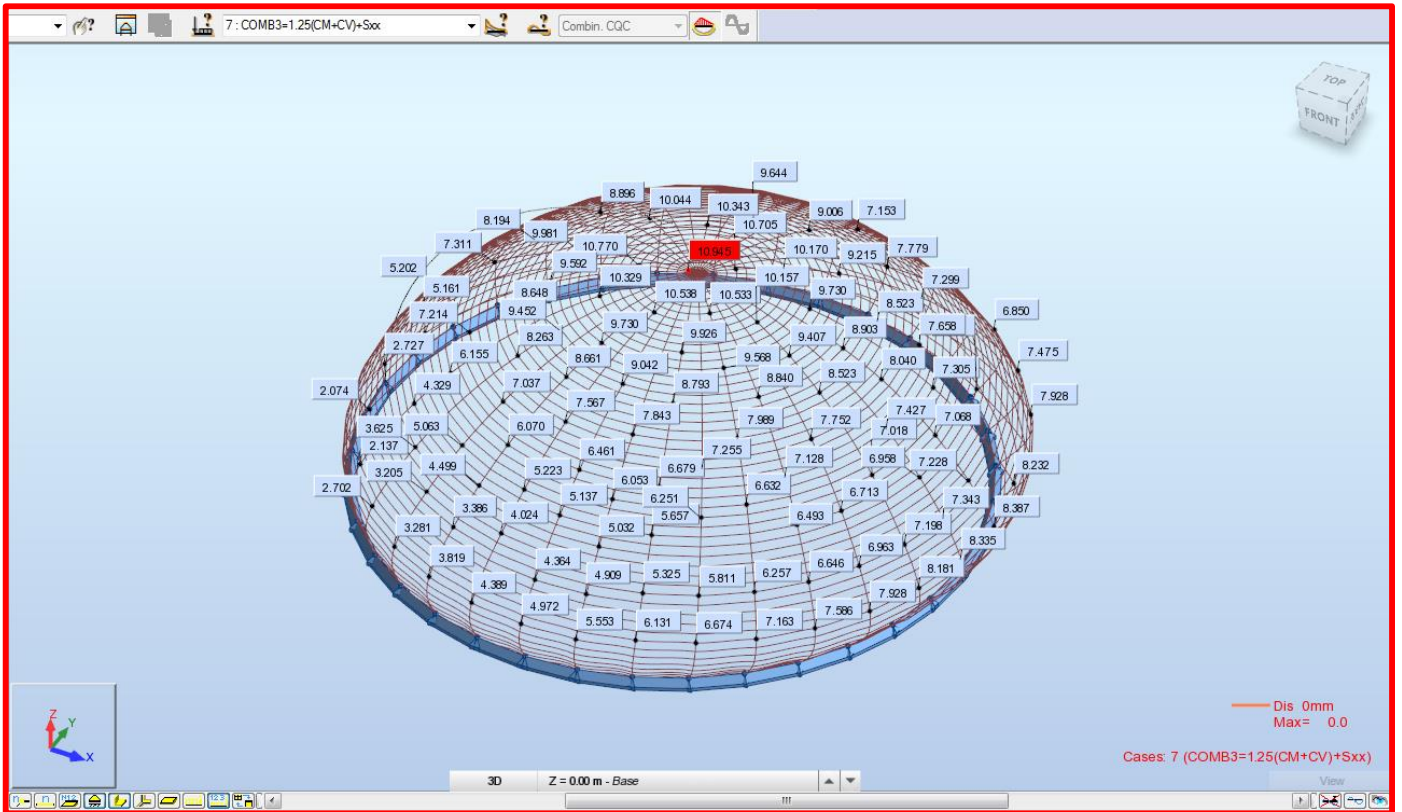


## DEFORMACION POR COMBINACION= (1.4CM+1.7CV)

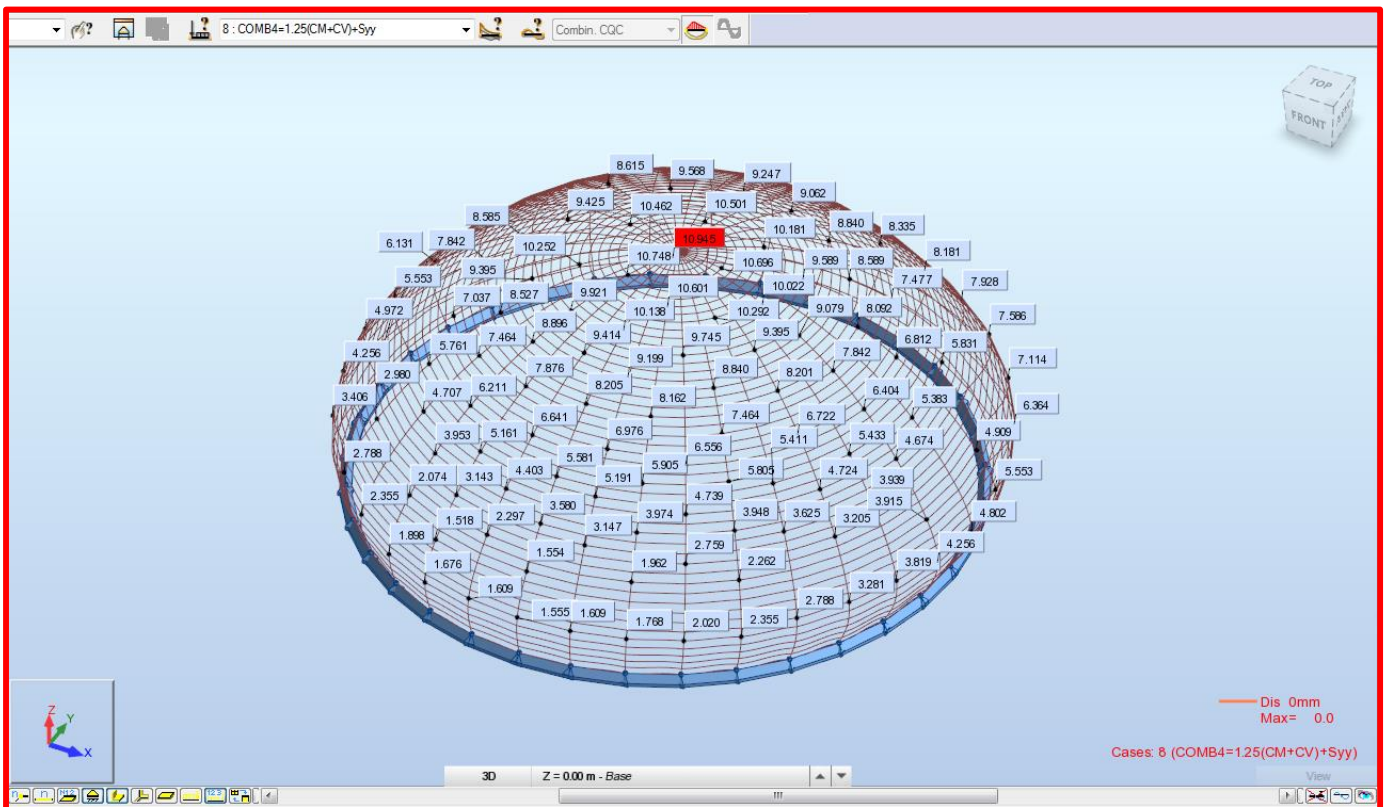




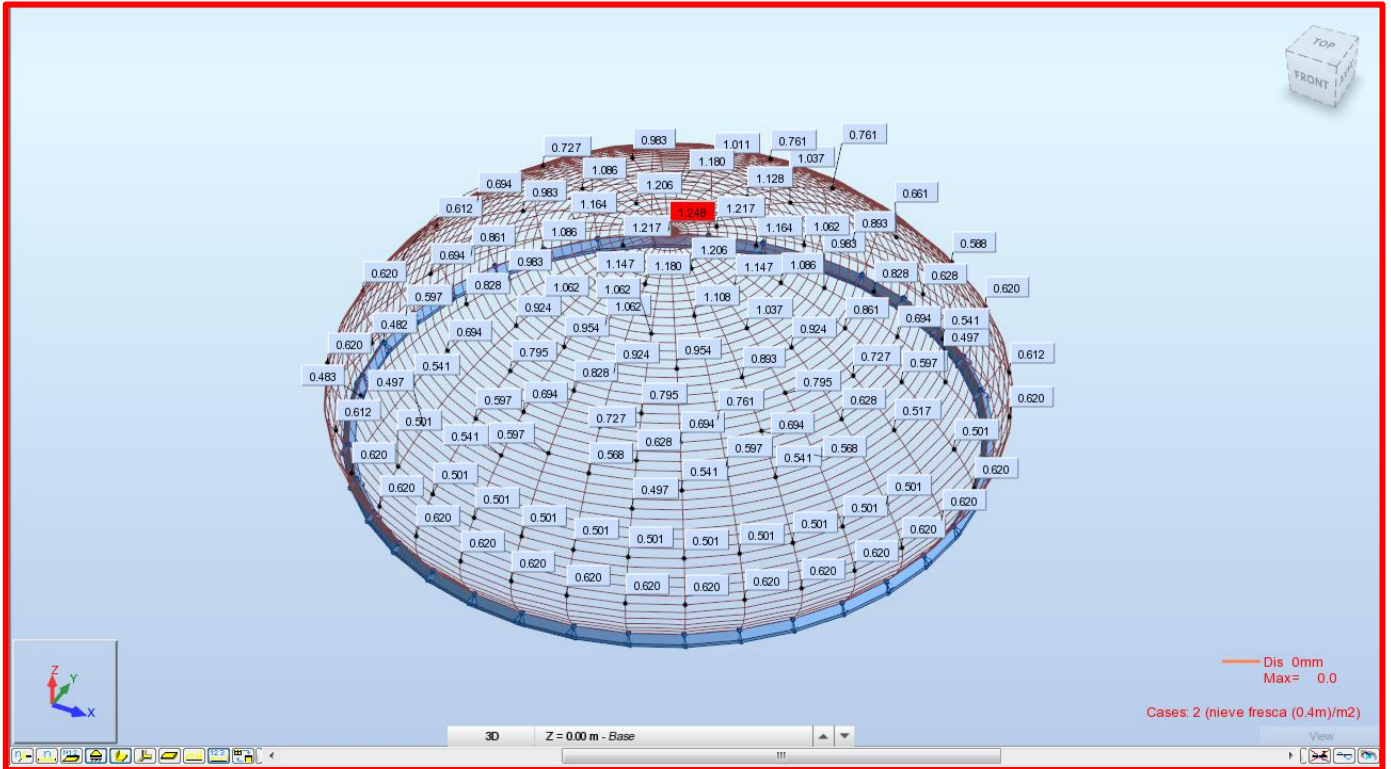
DEFORMACION POR COMBINACION= 1.25 (CM+CV)+Sxx



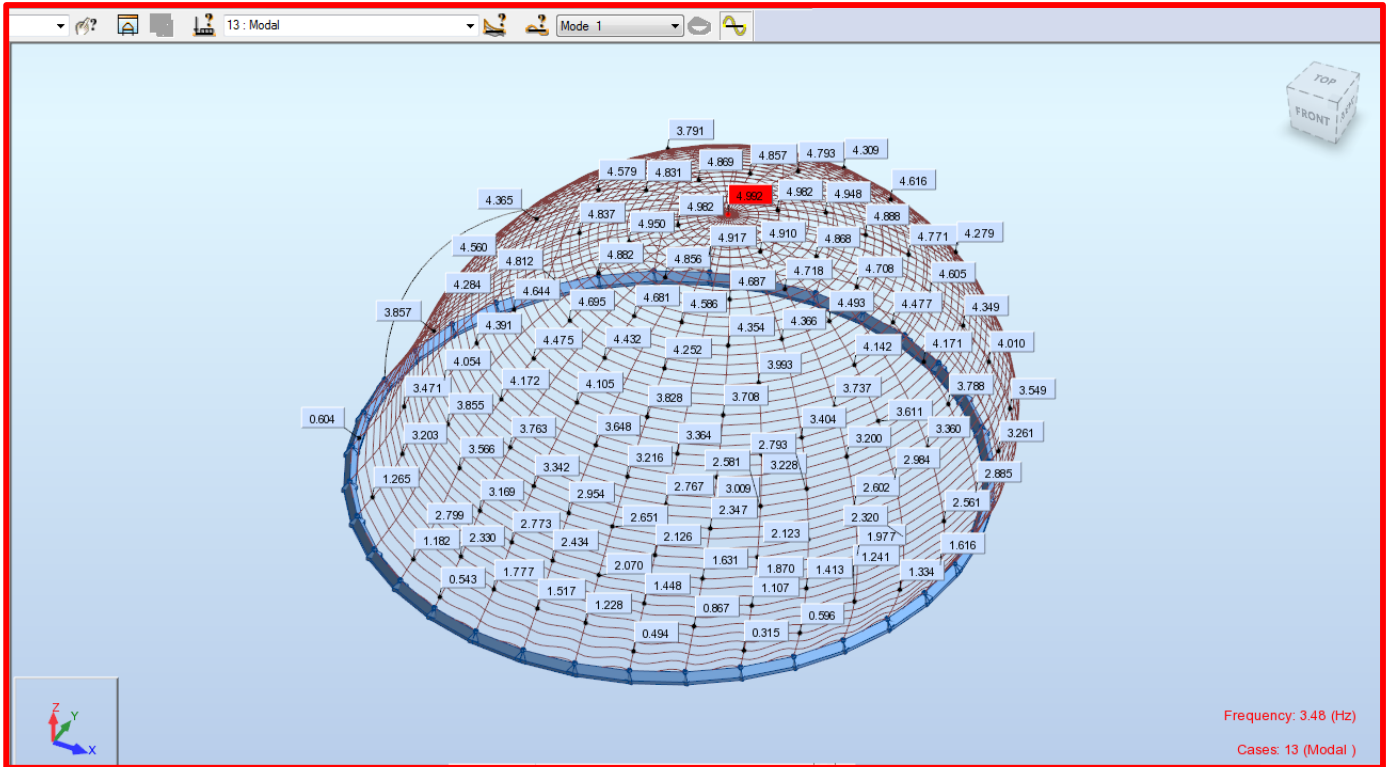
DEFORMACION POR COMBINACION= 1.25 (CM+CV)+Syy



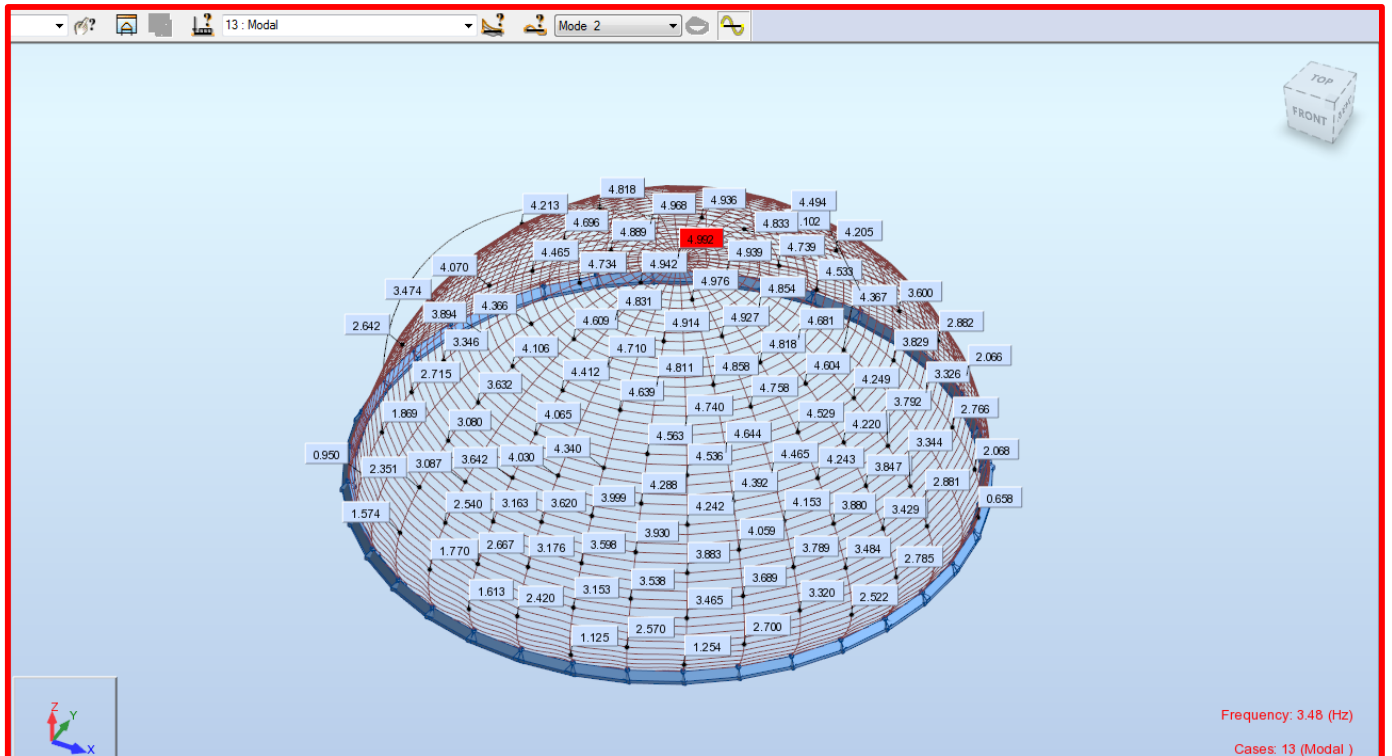
# DEFORMACION POR NIEVE FRESCA



# PRIMERA FORMA MODAL

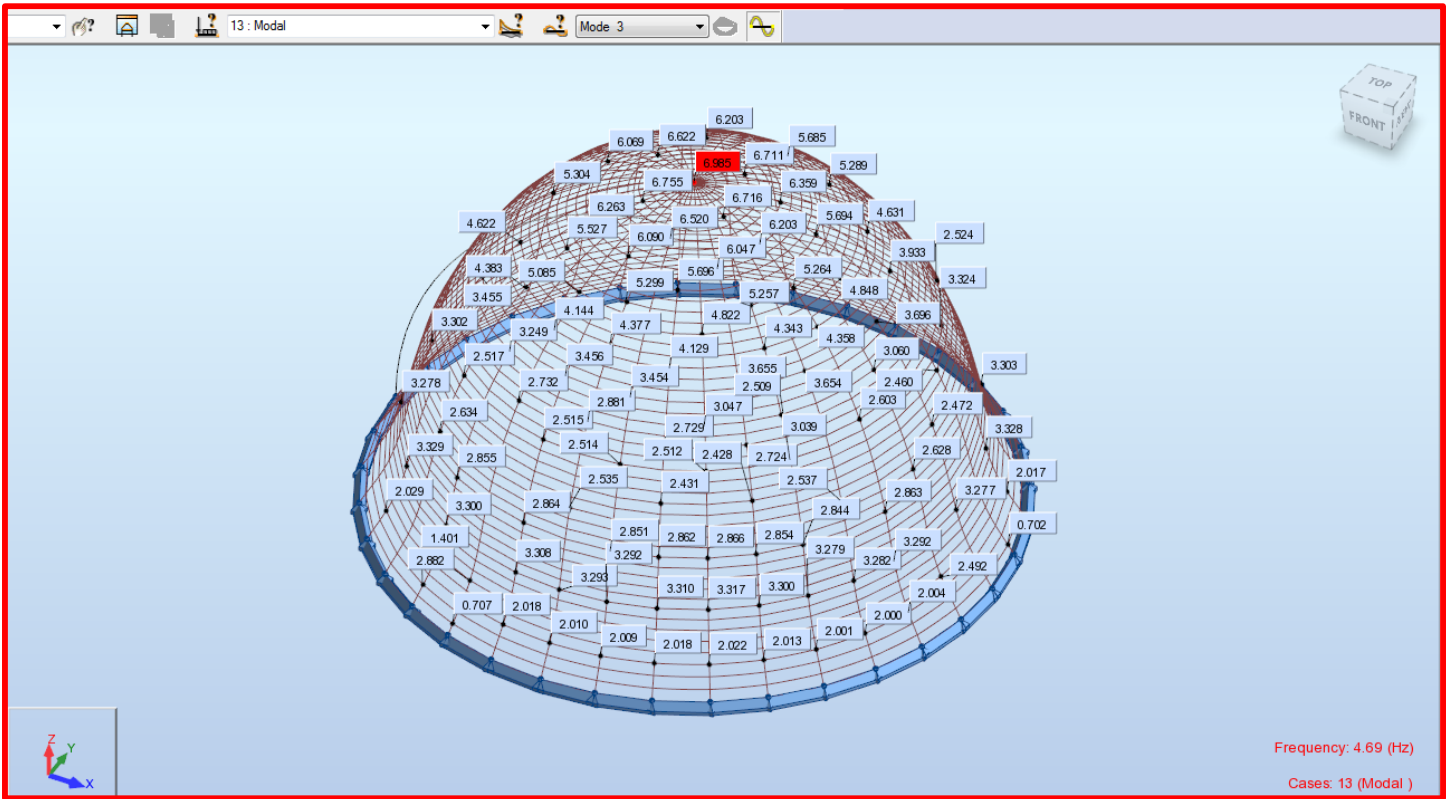


# SEGUNDA FORMA MODAL

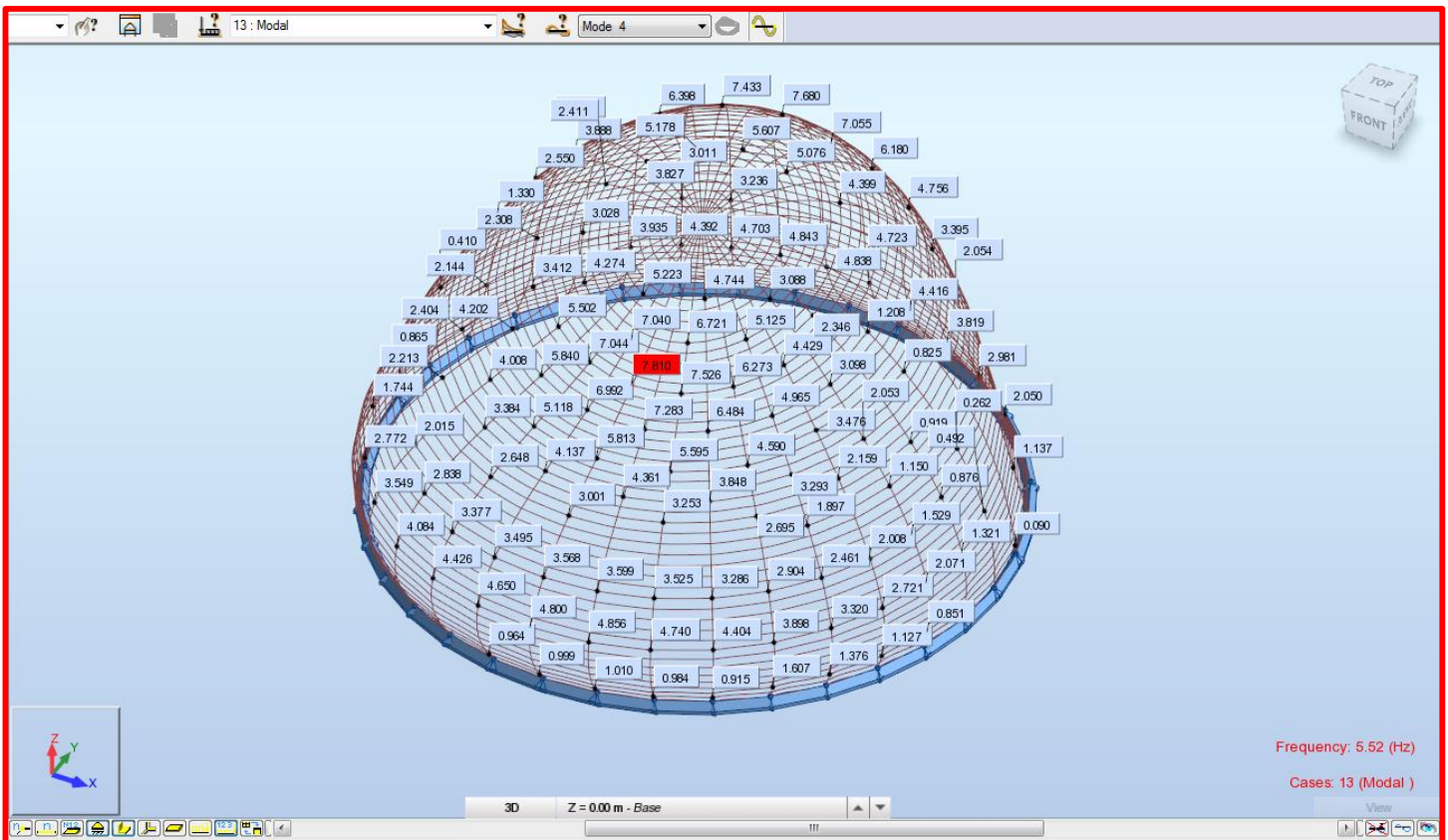




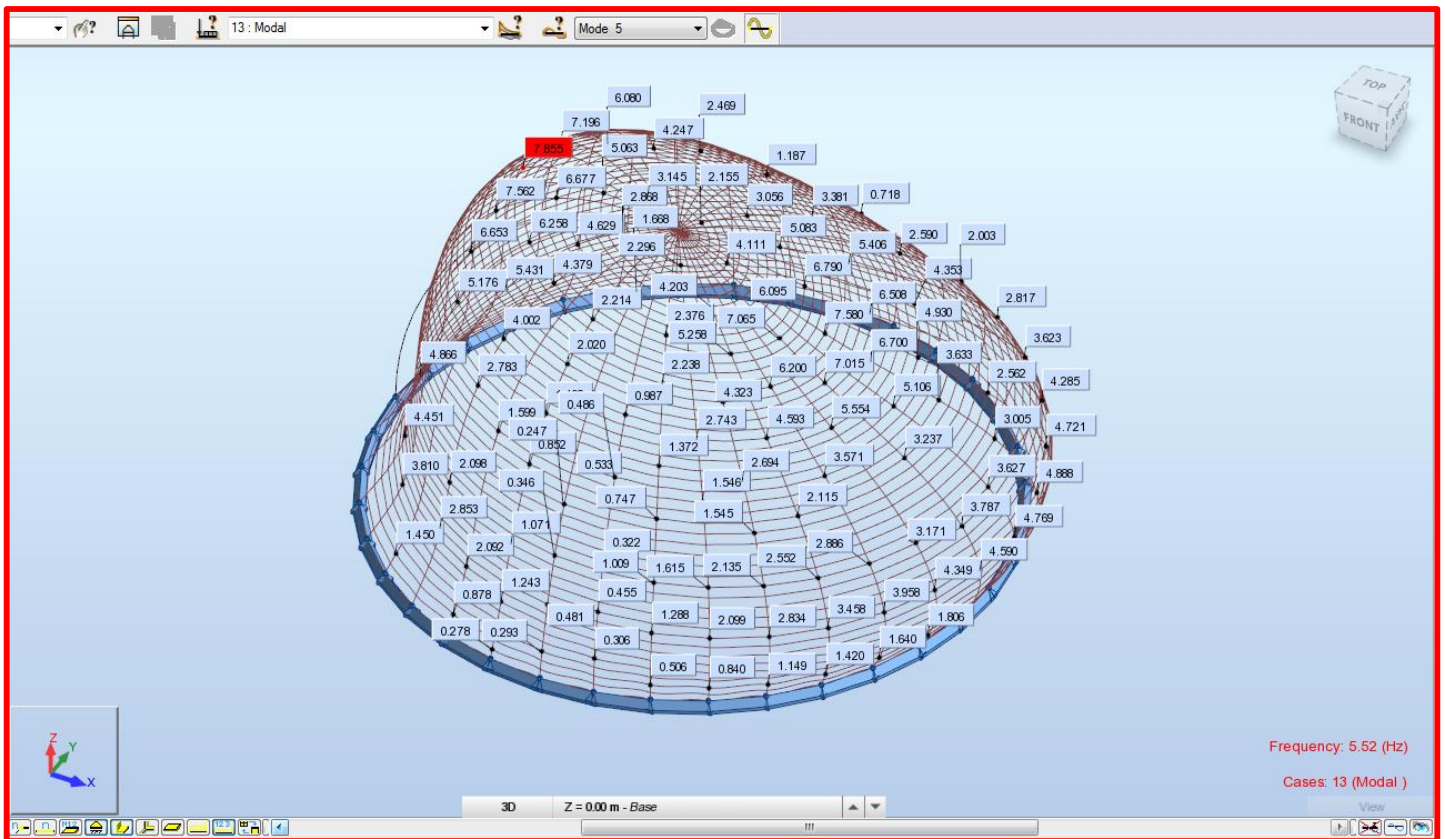
### TERCERA FORMA MODAL



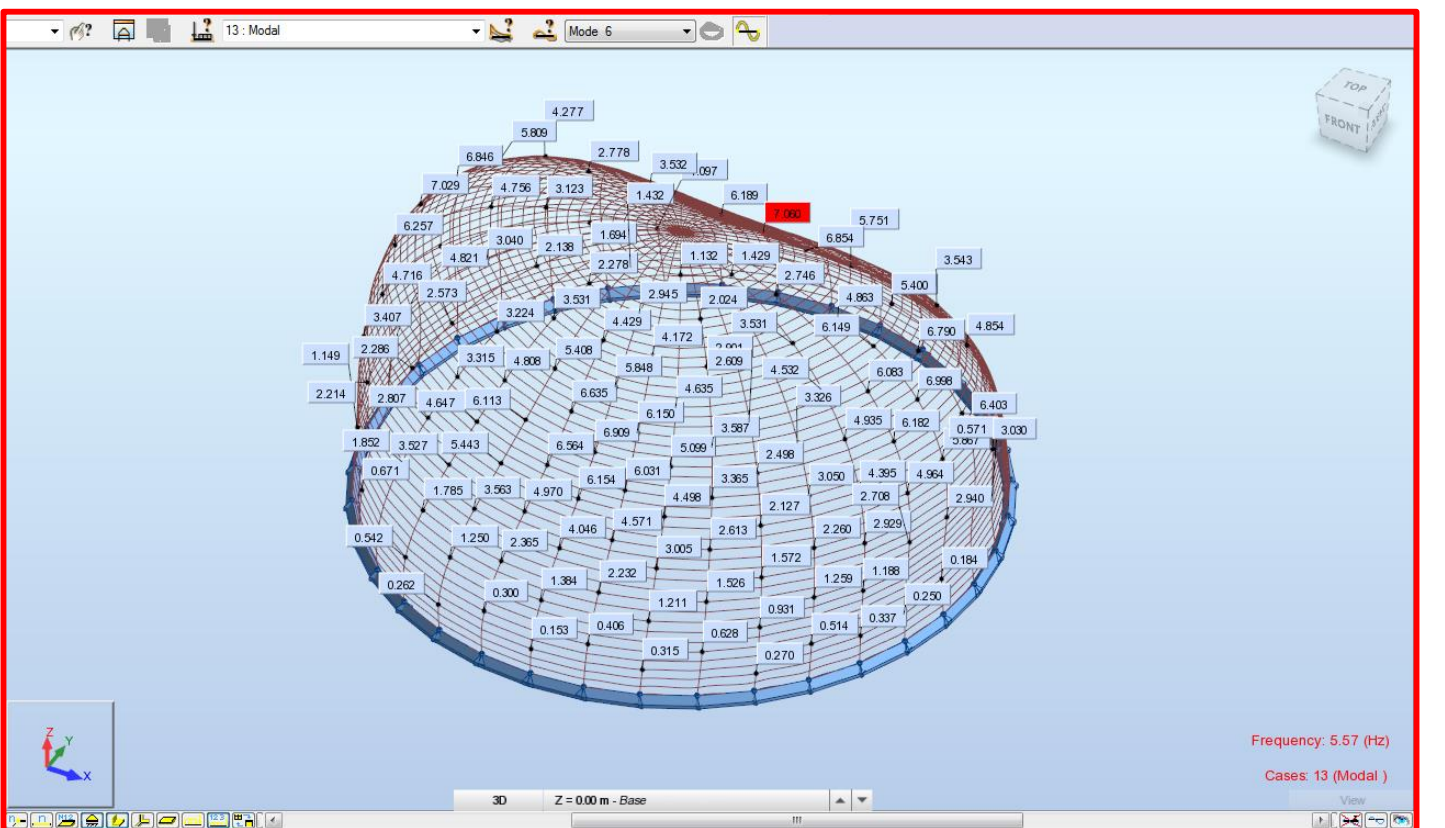
### CUARTA FORMA MODAL



## QUINTA FORMA MODAL

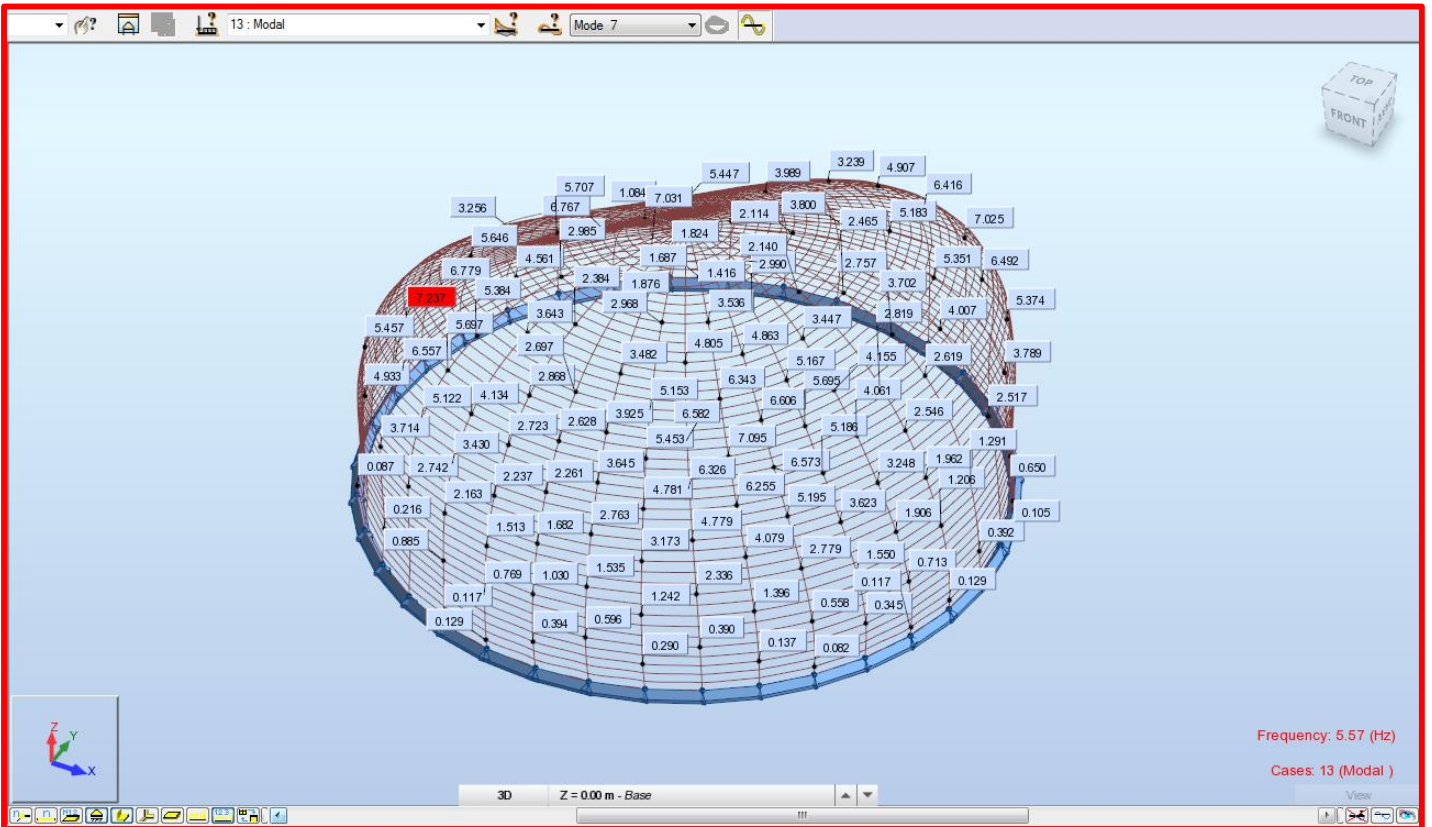


## SEXTA FORMA MODAL

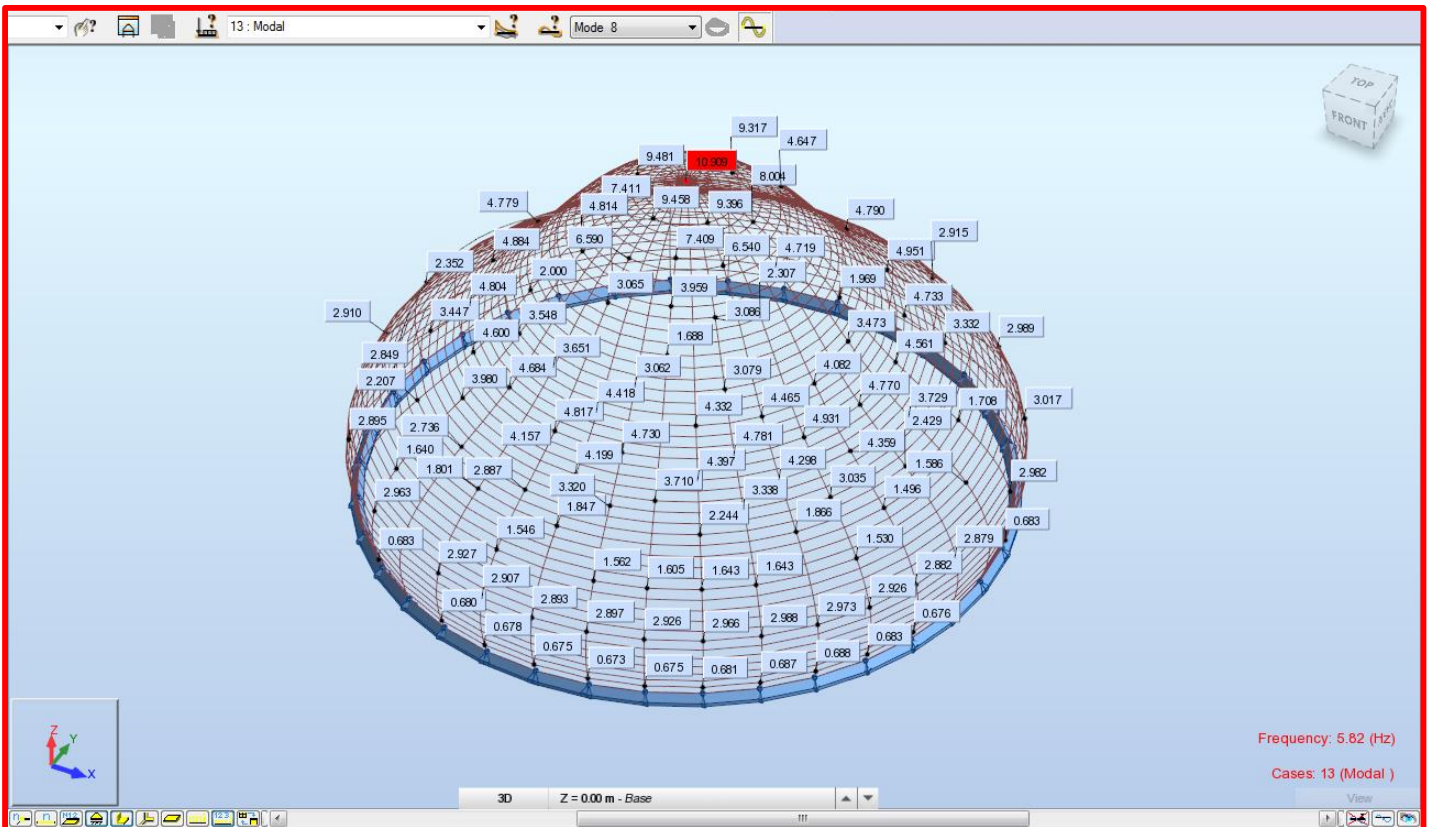




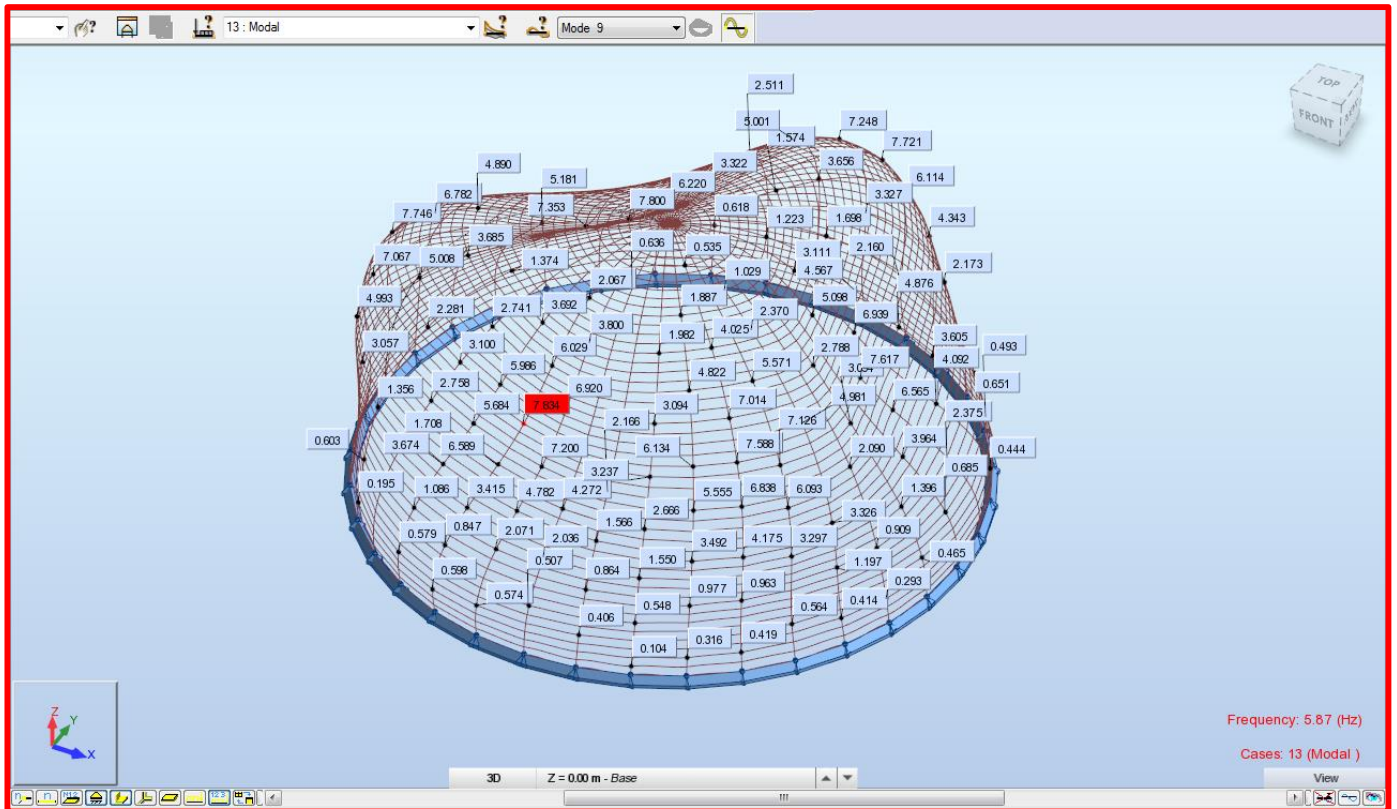
# SEPTIMA FORMA MODAL



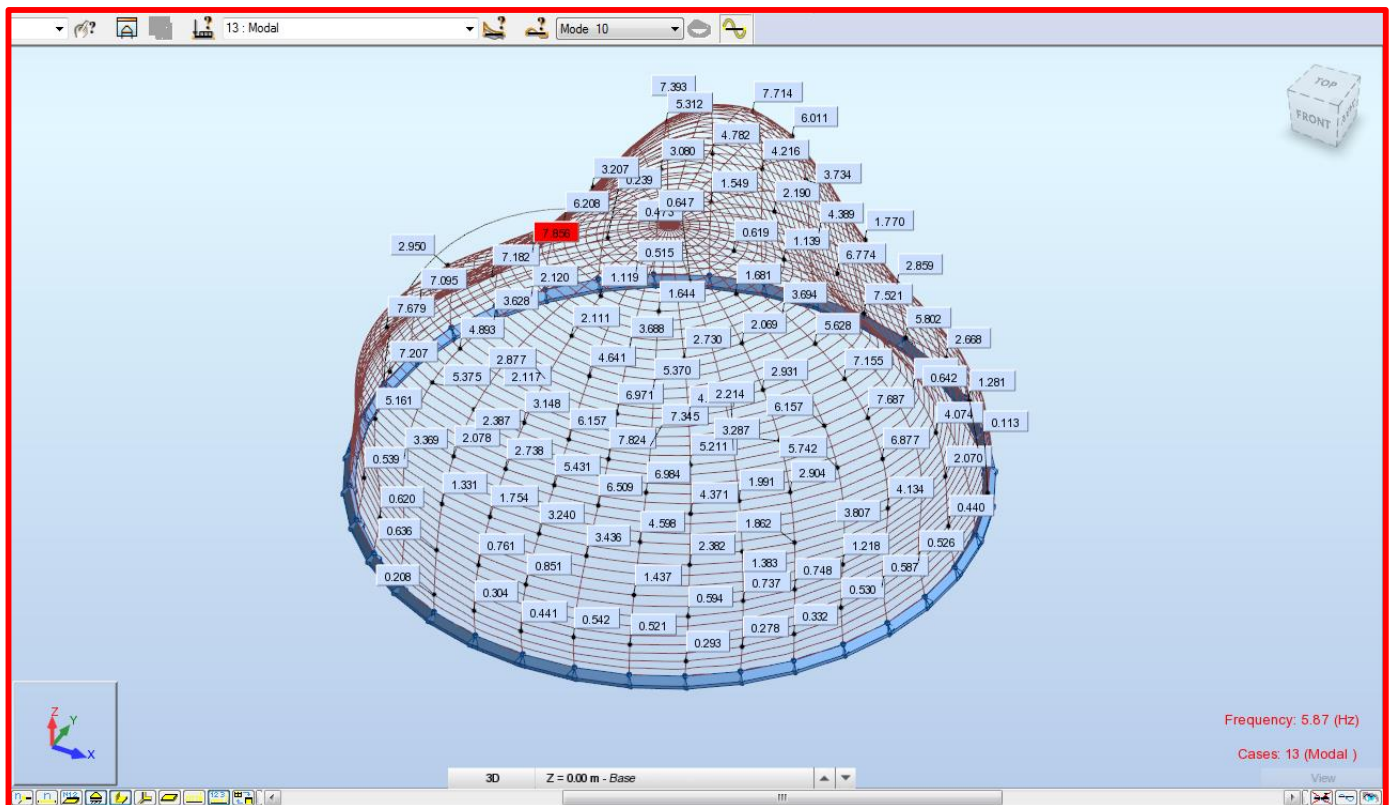
# OCTAVA FORMA MODAL



## NOVENA FORMA MODAL

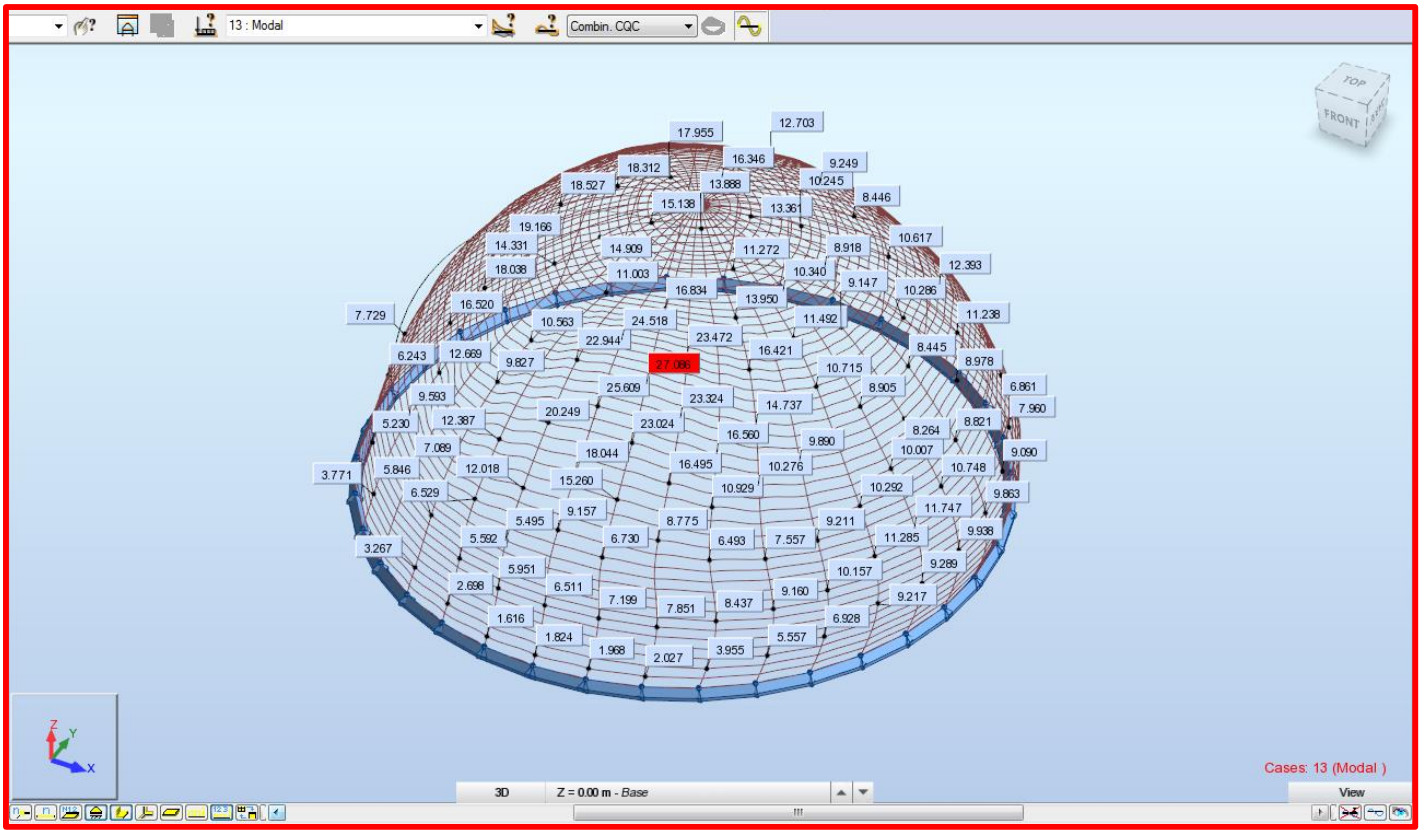


## DÉCIMA FORMA MODAL

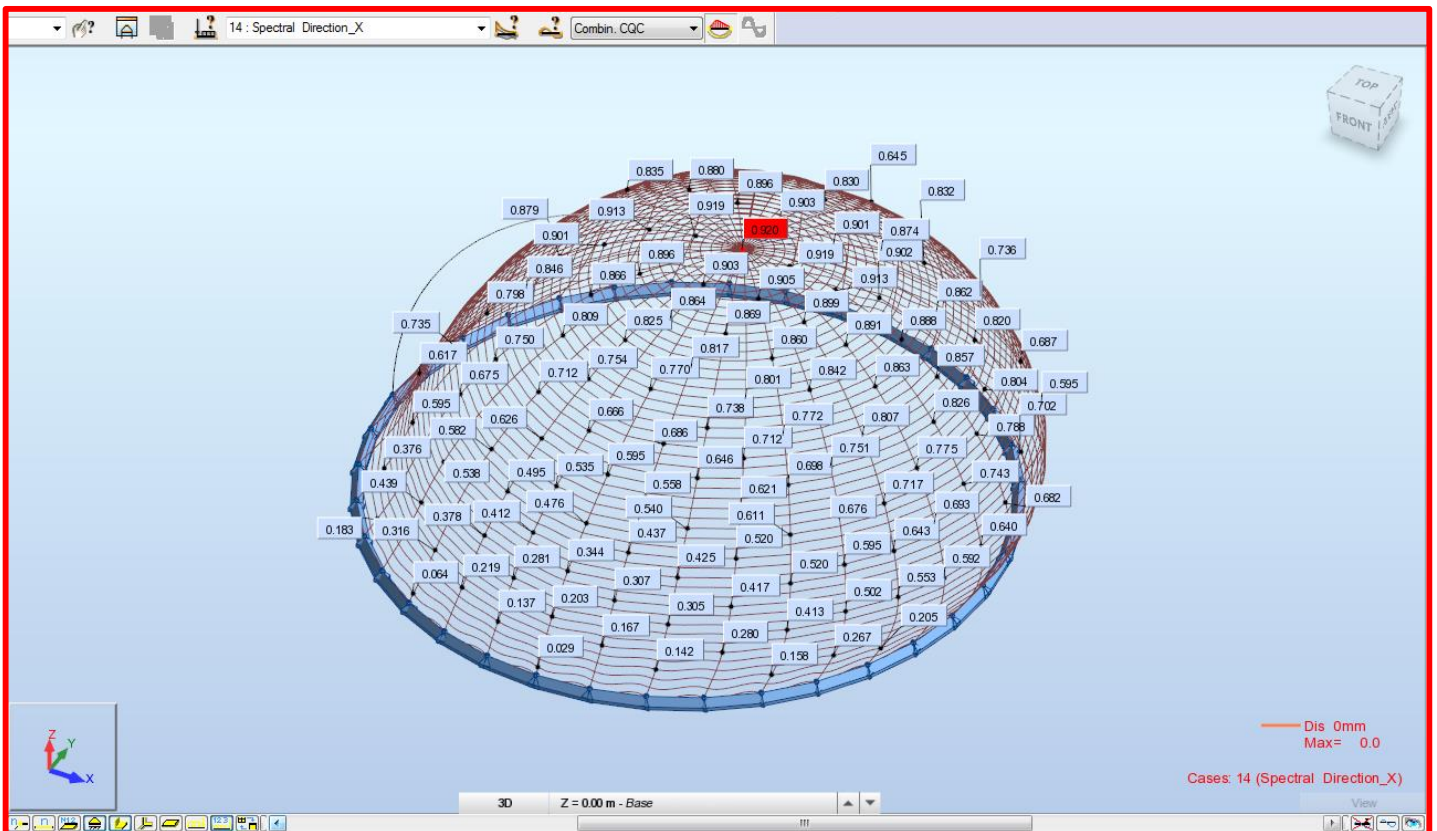




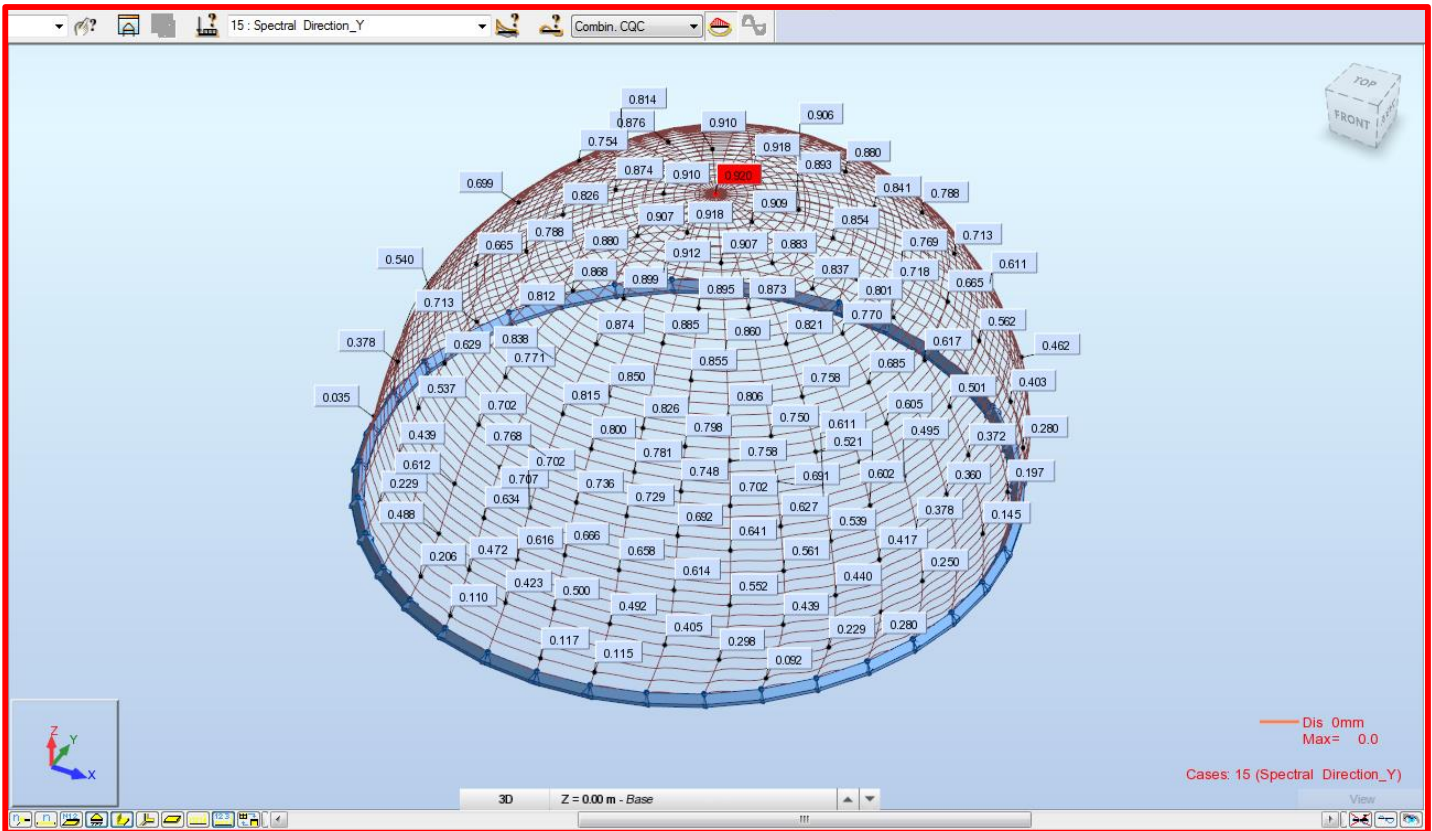
## FORMA MODAL DE LOS CUADRADOS (CQC)



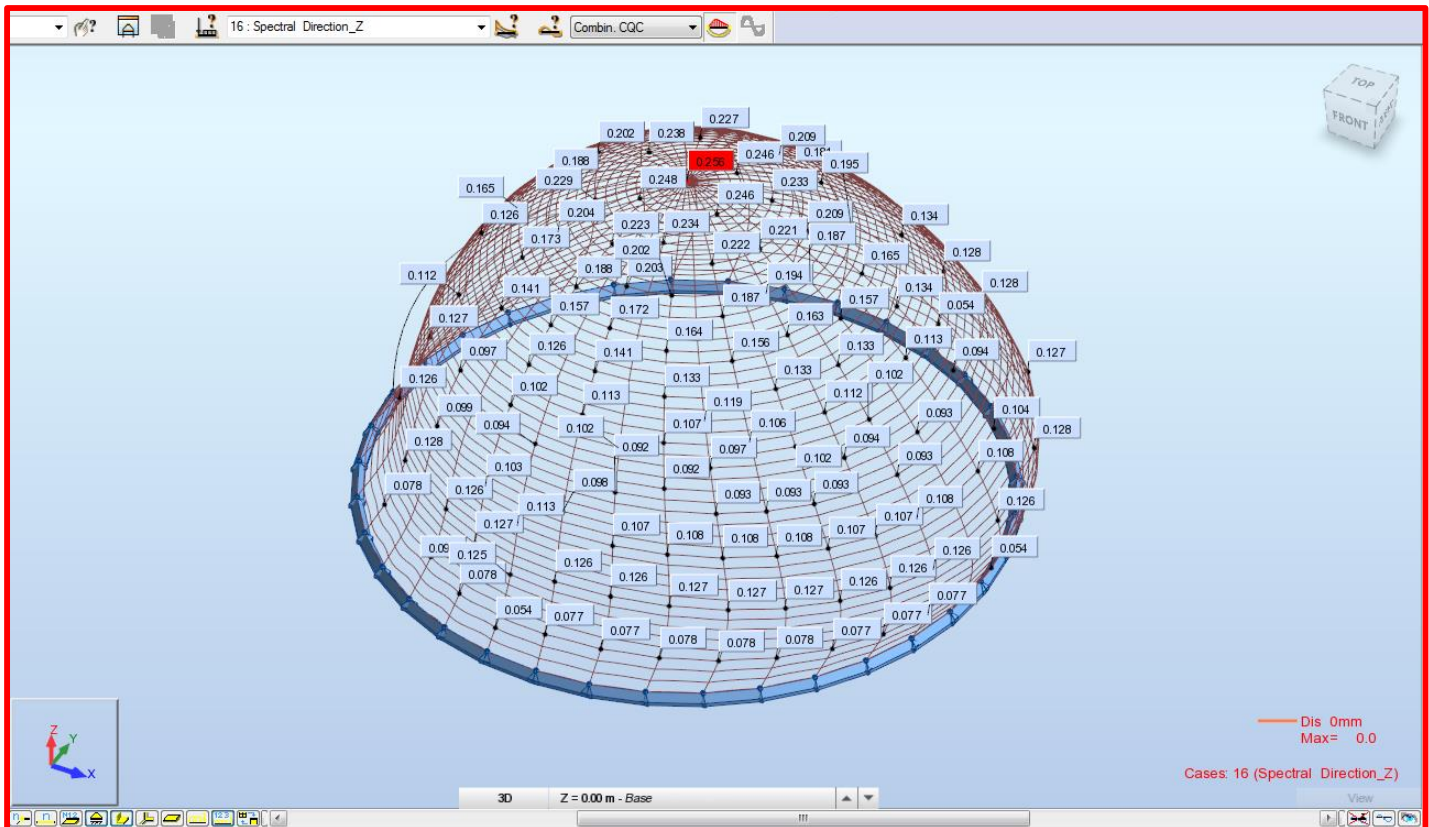
## ANÁLISIS ESPECTRAL X-X (CQC)



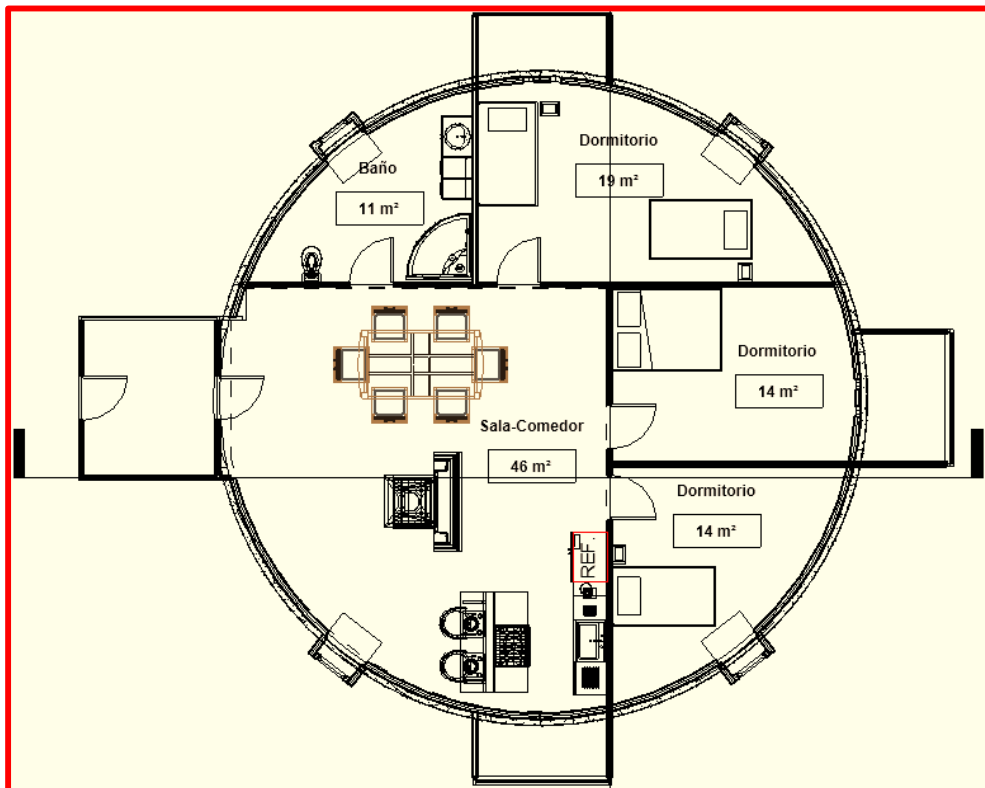
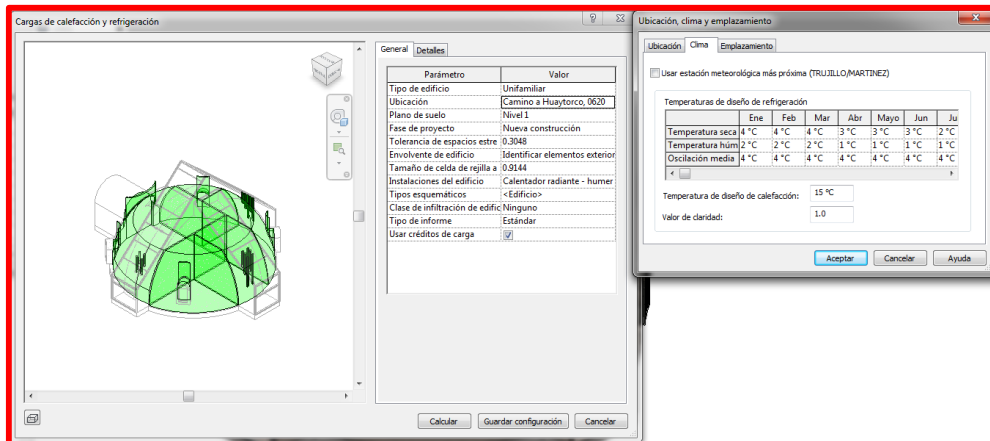
## ANÁLISIS ESPECTRAL Y-Y (CQC)



## ANÁLISIS ESPECTRAL Z-Z (CQC)



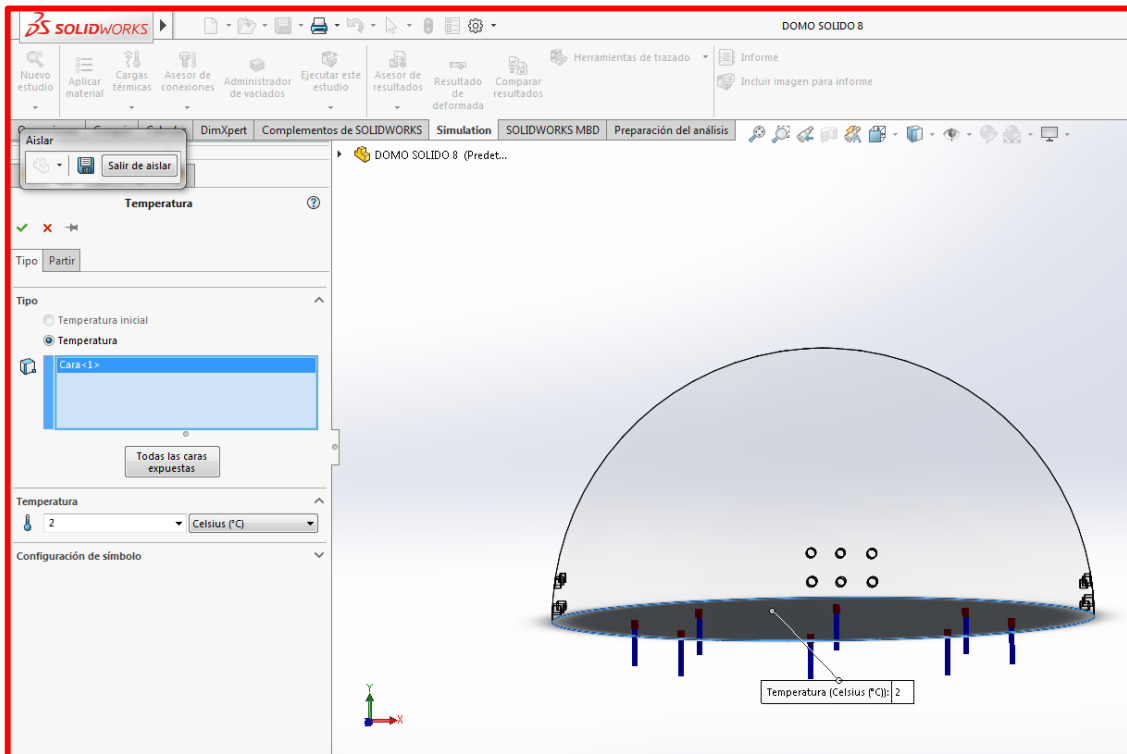
Con la ayuda del software Revit haremos un estudio de cargas de refrigeración y calefacción de los espacios de la vivienda, tendremos que ingresar los datos climatológicos manualmente ya que no hay una estación meteorológica cercana al lugar en donde planteamos usar el domo.



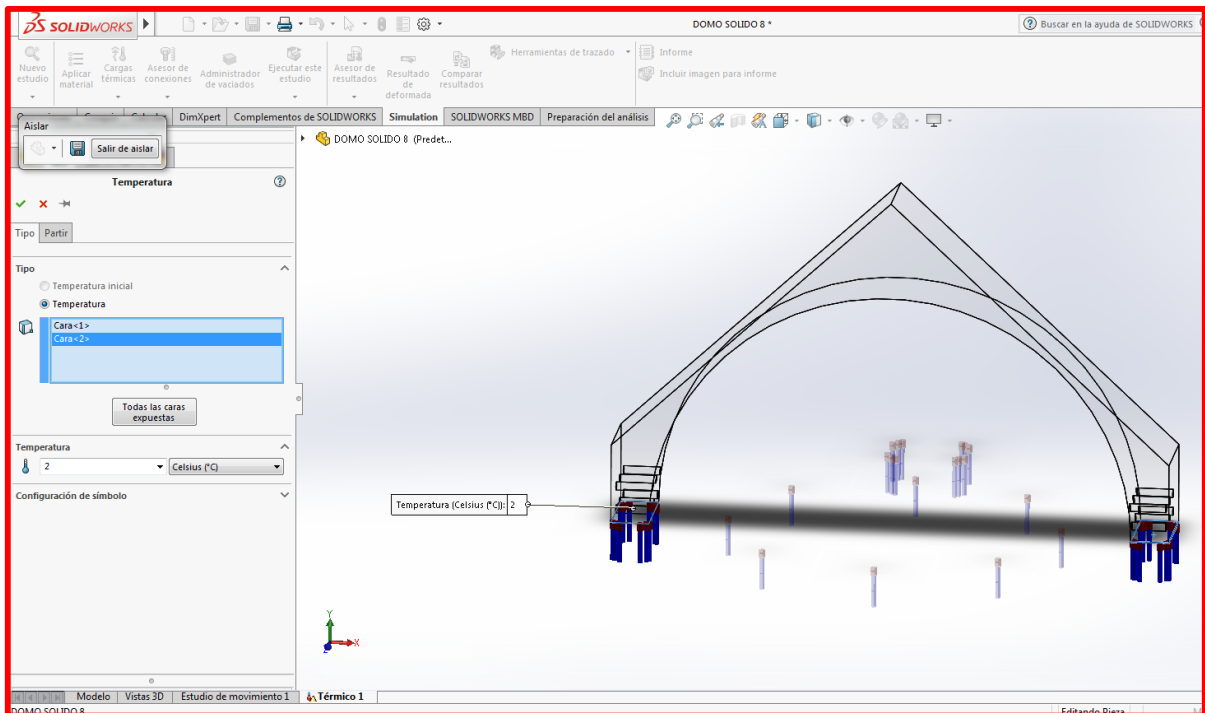
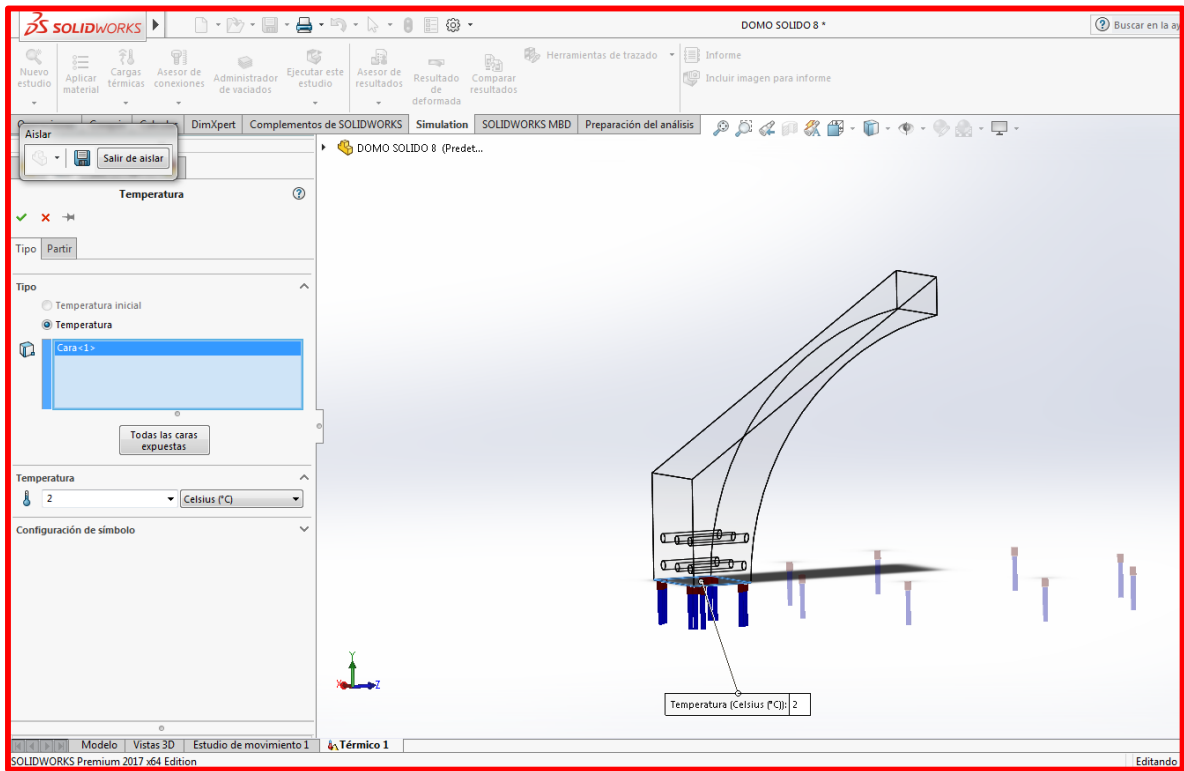
La herramienta solidworks cuenta entre sus muchas características la función de simulaciones, entre las cuales está la simulación térmica, para nuestro caso en analizaremos el modelo arquitectónico completo ya que necesitamos saber el comportamiento térmico de todos los materiales a usarse en el domo.

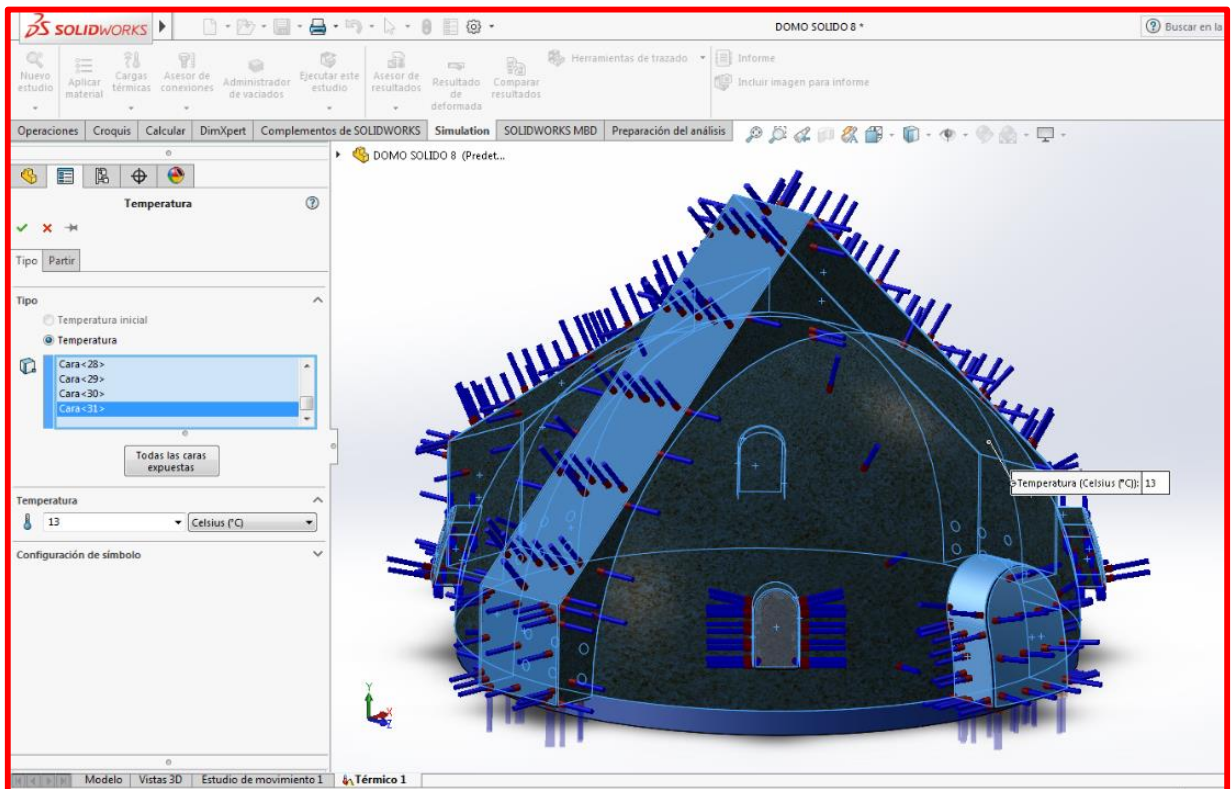
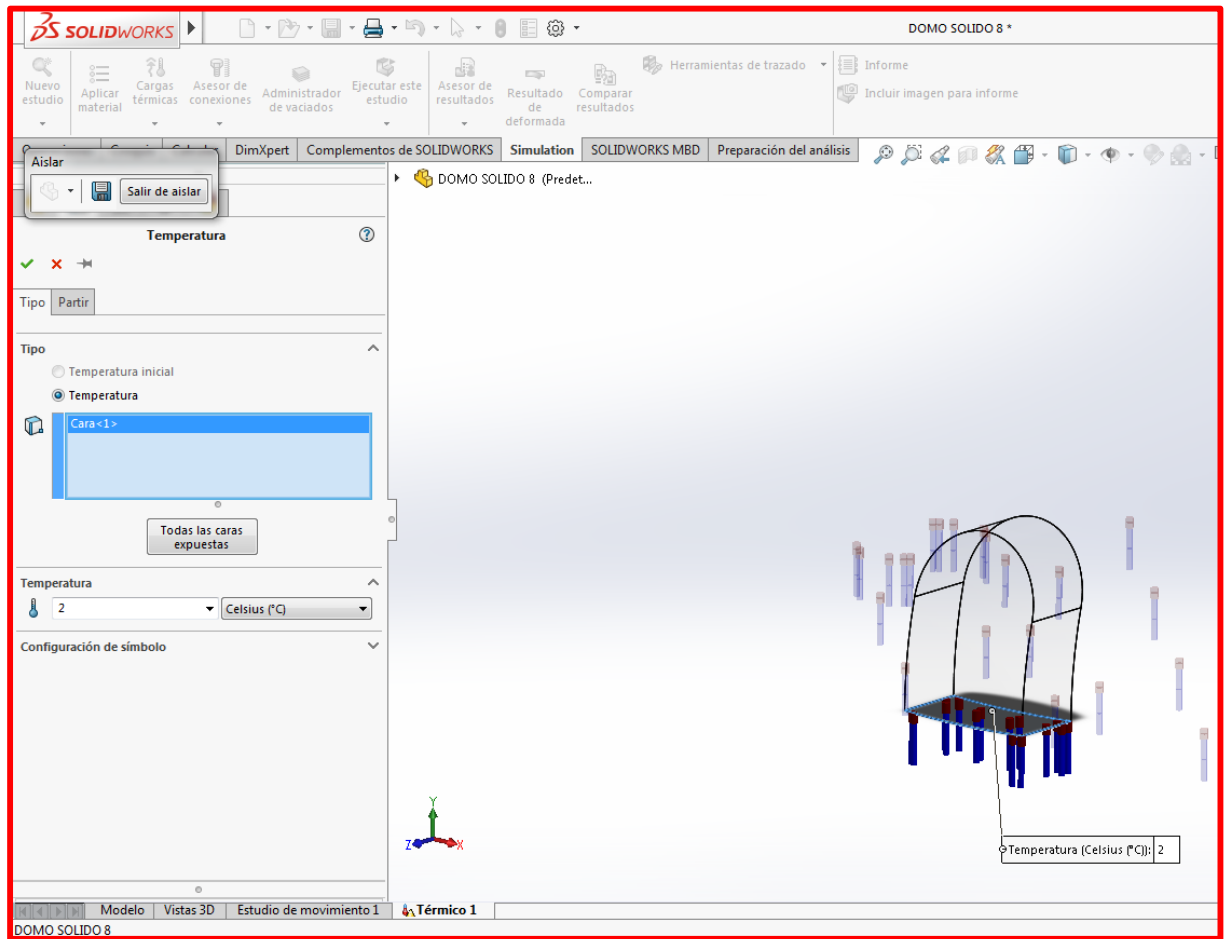
Las superficies expuestas al sol las sometemos a una carga de 6800w/h la cual es la energía que ofrece diariamente el sol en la encañada, elevando la temperatura ambiental a 13°C, la otra carga que colocamos vendría a ser la de temperatura interior de 2°C la cual colocamos para ver que tanto se eleva la temperatura interior usando únicamente radiación solar.

## EXPOSICIÓN DIURNA



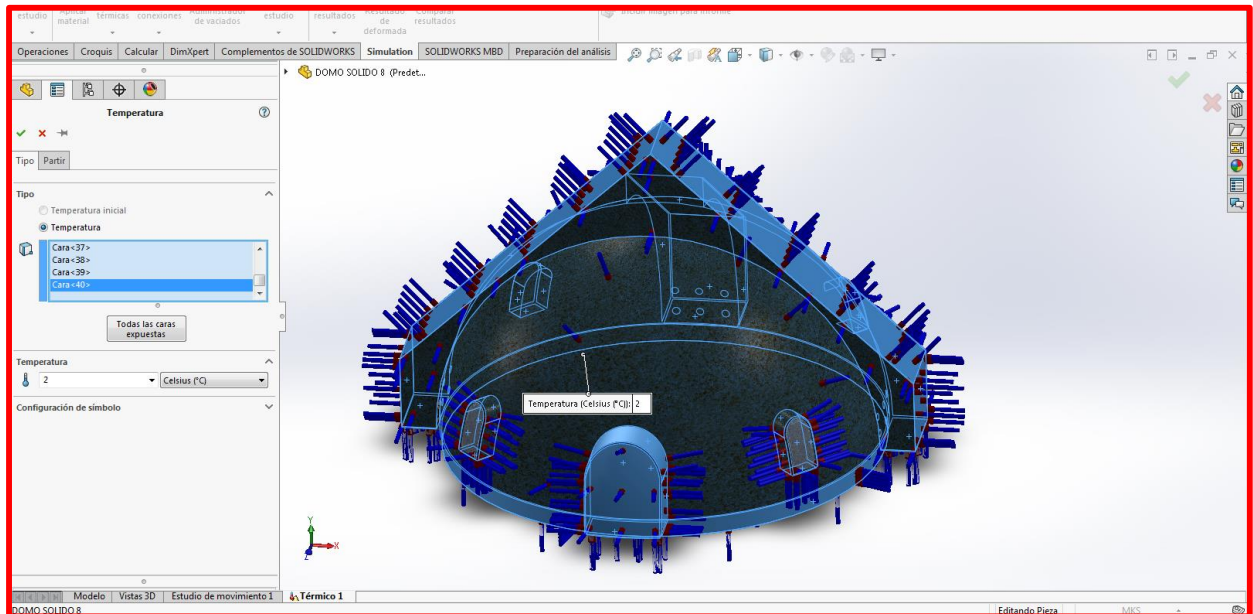
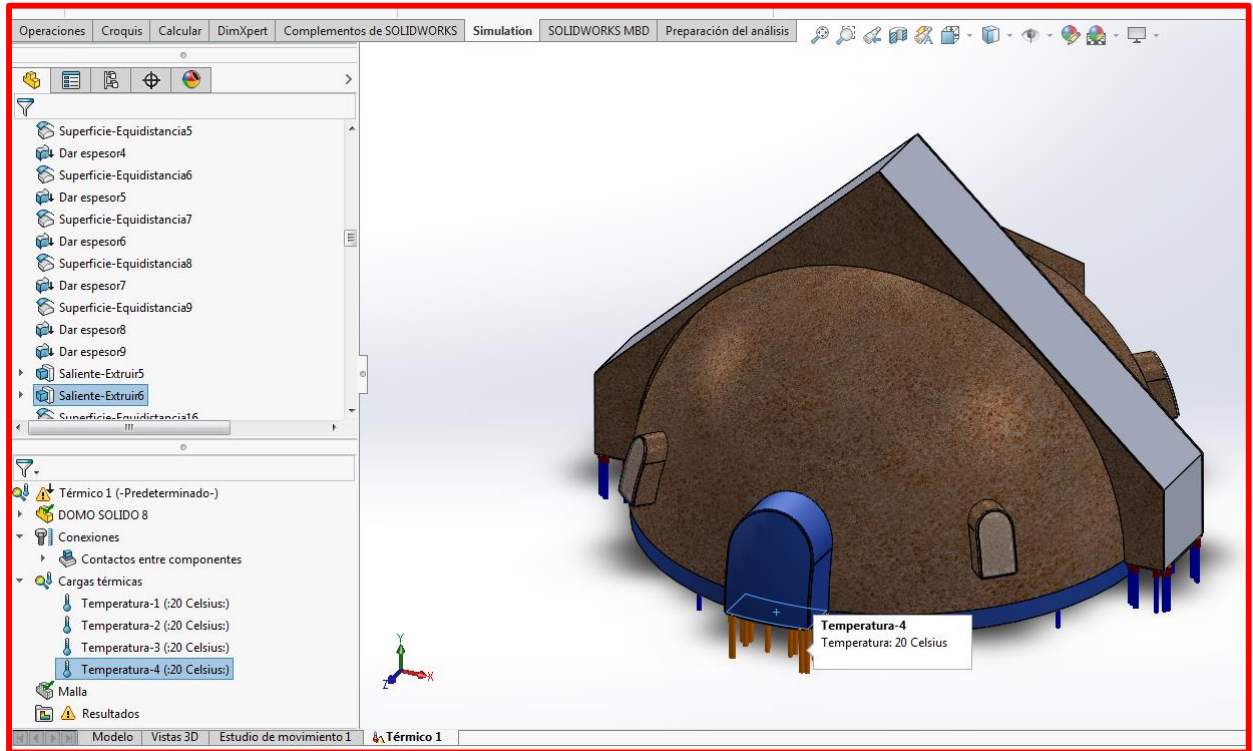








# EXPOSICION NOCTURNA



## IV. PRESENTACION DE RESULTADOS

### 4.1. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

- *Resultados del análisis sísmico estático.*

Según el artículo 31 de la E.030, para edificaciones comunes el desplazamiento lateral se obtiene al multiplicar 0.75 con R la resultante del análisis elástico y lineal con requerimientos sísmicos reducidos. En el caso de edificios regulares, los desplazamientos laterales se calculan al multiplicar 0.85 con R.

En nuestro modelo, según la tabla siguiente correspondiente a los desplazamientos más críticos, podemos apreciar que el programa analiza los desplazamientos más relevantes según nodos y casos. Estos valores a su vez serán multiplicados por el factor  $0.75 \cdot R$  a fin de determinar si supera o no los límites permisibles por la norma, que para nuestro caso sería de 0,007 (concreto armado).

	UX (mm)	UY (mm)	UZ (mm)	RX (Rad)	RY (Rad)	RZ (Rad)
<b>MAX</b>	8.342	8.342	0.256	0.007	0.011	0.001
<b>Node</b>	911	1361	3	455	905	1360
<b>Case</b>	7 (C)	8 (C)	16	6 (C)	7 (C)	7 (C)
<b>Mode</b>			CQC			
<b>MIN</b>	-5.607	-5.607	-11.387	-0.011	-0.007	-0.001
<b>Node</b>	10	460	3	1355	5	460
<b>Case</b>	6 (C)	6 (C)	6 (C)	8 (C)	6 (C)	7 (C)
<b>Mode</b>						

#### **CASO 7 ó $COMB3=1.25(CM+CV)+Sxx$**

Tenemos:  $(0.75 \times 3 \times 0.8342) / \text{altura de edificación (600 cm)}$

$=0.0031 < 0.007$  ¡CUMPLE!

#### **CASO 8 ó $COMB4=1.25(CM+CV)+Syy$**

Tenemos:  $(0.75 \times 3 \times 0.8342) / \text{altura de edificación (600 cm)}$

$=0.0031 < 0.007$  ¡CUMPLE!

**CASO 6 ó COMB2=1.4CM+1.7CV**

Tenemos:  $(0.75 \times 3 \times 0.5607)$  / altura de edificación (600 cm)

= 0.0021 < 0.007 ¡CUMPLE!

Teniendo estas cargas y de las secciones transversales las propiedades, podemos encontrar los periodos de vibración.

Calculamos 10 periodos de vibración. En la tabla siguiente observamos los periodos de vibración podemos observar que a medida que el sismo va cediendo las masas participantes van reacomodándose, si bien la E.030 articulo 29 nos dice que la sumatoria de las masas efectivas por lo menos sea el 90% de la masa total. Consideramos los primeros tres modos en la dirección del análisis, podríamos llegar a la conclusión de que a menor periodo menor deformación y a mayor periodo mayor deformación.

Case/Mode	Frequency (Hz)	Period (sec)	Rel.mas.UX (%)	Rel.mas.UY (%)	Rel.mas.UZ (%)	Cur.mas.UX (%)	Cur.mas.UY (%)	Cur.mas.UZ (%)	Total mass UX (kg)	Total mass UY (kg)	Total mass UZ (kg)
14/ 1	3.48	0.29	51.54	31.74	0.00	51.54	31.74	0.00	82684.57	82684.57	82684.57
14/ 2	3.48	0.29	83.28	83.28	0.00	31.74	51.54	0.00	82684.57	82684.57	82684.57
14/ 3	4.69	0.21	83.28	83.28	31.34	0.00	0.00	31.34	82684.57	82684.57	82684.57
14/ 4	5.52	0.18	83.28	84.02	31.34	0.01	0.74	0.00	82684.57	82684.57	82684.57
14/ 5	5.52	0.18	84.03	84.03	31.34	0.74	0.01	0.00	82684.57	82684.57	82684.57
14/ 6	5.57	0.18	84.03	84.03	31.34	0.00	0.00	0.00	82684.57	82684.57	82684.57
14/ 7	5.57	0.18	84.03	84.03	31.34	0.00	0.00	0.00	82684.57	82684.57	82684.57
14/ 8	5.82	0.17	84.03	84.03	33.07	0.00	0.00	1.73	82684.57	82684.57	82684.57
14/ 9	5.87	0.17	84.03	84.03	33.07	0.00	0.00	0.00	82684.57	82684.57	82684.57
14/ 10	5.87	0.17	84.03	84.03	33.07	0.00	0.00	0.00	82684.57	82684.57	82684.57

Case/Mode	Frequency (Hz)	Period (sec)	Rel.mas.UX (%)	Rel.mas.UY (%)	Rel.mas.UZ (%)	Cur.mas.UX (%)	Cur.mas.UY (%)	Cur.mas.UZ (%)	Total mass UX (kg)	Total mass UY (kg)	Total mass UZ (kg)
15/ 1	3.48	0.29	51.54	31.74	0.00	51.54	31.74	0.00	82684.57	82684.57	82684.57
15/ 2	3.48	0.29	83.28	83.28	0.00	31.74	51.54	0.00	82684.57	82684.57	82684.57
15/ 3	4.69	0.21	83.28	83.28	31.34	0.00	0.00	31.34	82684.57	82684.57	82684.57
15/ 4	5.52	0.18	83.28	84.02	31.34	0.01	0.74	0.00	82684.57	82684.57	82684.57
15/ 5	5.52	0.18	84.03	84.03	31.34	0.74	0.01	0.00	82684.57	82684.57	82684.57
15/ 6	5.57	0.18	84.03	84.03	31.34	0.00	0.00	0.00	82684.57	82684.57	82684.57
15/ 7	5.57	0.18	84.03	84.03	31.34	0.00	0.00	0.00	82684.57	82684.57	82684.57
15/ 8	5.82	0.17	84.03	84.03	33.07	0.00	0.00	1.73	82684.57	82684.57	82684.57
15/ 9	5.87	0.17	84.03	84.03	33.07	0.00	0.00	0.00	82684.57	82684.57	82684.57
15/ 10	5.87	0.17	84.03	84.03	33.07	0.00	0.00	0.00	82684.57	82684.57	82684.57

Case/Mode	Frequency (Hz)	Period (sec)	Rel.mas.UX (%)	Rel.mas.UY (%)	Rel.mas.UZ (%)	Cur.mas.UX (%)	Cur.mas.UY (%)	Cur.mas.UZ (%)	Total mass UX (kg)	Total mass UY (kg)	Total mass UZ (kg)
16/ 1	3.48	0.29	51.54	31.74	0.00	51.54	31.74	0.00	82684.57	82684.57	82684.57
16/ 2	3.48	0.29	83.28	83.28	0.00	31.74	51.54	0.00	82684.57	82684.57	82684.57
16/ 3	4.69	0.21	83.28	83.28	31.34	0.00	0.00	31.34	82684.57	82684.57	82684.57
16/ 4	5.52	0.18	83.28	84.02	31.34	0.01	0.74	0.00	82684.57	82684.57	82684.57
16/ 5	5.52	0.18	84.03	84.03	31.34	0.74	0.01	0.00	82684.57	82684.57	82684.57
16/ 6	5.57	0.18	84.03	84.03	31.34	0.00	0.00	0.00	82684.57	82684.57	82684.57
16/ 7	5.57	0.18	84.03	84.03	31.34	0.00	0.00	0.00	82684.57	82684.57	82684.57
16/ 8	5.82	0.17	84.03	84.03	33.07	0.00	0.00	1.73	82684.57	82684.57	82684.57
16/ 9	5.87	0.17	84.03	84.03	33.07	0.00	0.00	0.00	82684.57	82684.57	82684.57
16/ 10	5.87	0.17	84.03	84.03	33.07	0.00	0.00	0.00	82684.57	82684.57	82684.57

- *Resultados del análisis sísmico dinámico.*

Respecto a la comprobación de desplazamientos para el análisis sísmico dinámico consideraremos los casos que más impacto tendrán en la edificación al igual que en el análisis estático usaremos los artículos 31 y 32 de la norma E.030.

### **CASO 14 ó Análisis espectral X-X (CQC)**

	UX (mm)	UY (mm)	UZ (mm)	RX (Rad)	RY (Rad)	RZ (Rad)
<b>MAX</b>	0.920	0.450	0.050	0.000	0.001	0.000
<b>Node</b>	3	339	37	1455	905	1361
<b>Case</b>	14	14	14	14	14	14
<b>Mode</b>	CQC	1	CQC	2	CQC	CQC
<b>MIN</b>	-0.023	-0.447	-0.048	-0.000	-0.000	-0.000
<b>Node</b>	37	3	987	1205	23	661
<b>Case</b>	14	14	14	14	14	14
<b>Mode</b>	5	2	5	1	5	1

Tenemos:  $(0.75 \times 3 \times 0.092)$  / altura de edificación (600 cm)

= 0.000345 < 0.007 ¡CUMPLE!

### **CASO 15 ó Análisis espectral Y-Y (CQC)**

	UX (mm)	UY (mm)	UZ (mm)	RX (Rad)	RY (Rad)	RZ (Rad)
<b>MAX</b>	0.447	0.920	0.050	0.001	0.000	0.000
<b>Node</b>	3	3	487	1355	105	911
<b>Case</b>	15	15	15	15	15	15
<b>Mode</b>	1	CQC	CQC	CQC	1	CQC
<b>MIN</b>	-0.450	-0.023	-0.048	-0.000	-0.000	-0.000
<b>Node</b>	1689	487	1387	1455	755	1111
<b>Case</b>	15	15	15	15	15	15
<b>Mode</b>	2	4	4	2	2	2

Tenemos:  $(0.75 \times 3 \times 0.092)$  / altura de edificación (600 cm)

= 0.000345 < 0.007 ¡CUMPLE!

## CASO 16 ó Análisis espectral Z-Z (CQC)

	UX (mm)	UY (mm)	UZ (mm)	RX (Rad)	RY (Rad)	RZ (Rad)
<b>MAX</b>	0.127	0.127	0.260	0.000	0.000	0.000
<b>Node</b>	12	1362	3	1355	5	1371
<b>Case</b>	16	16	16	16	16	16
<b>Mode</b>	CQC	CQC	3	CQC	CQC	CQC
<b>MIN</b>	-0.122	-0.123	-0.062	-0.000	-0.000	-0.000
<b>Node</b>	912	1362	3	455	905	1371
<b>Case</b>	16	16	16	16	16	16
<b>Mode</b>	3	3	8	3	3	3

Tenemos:  $(0.75 \times 3 \times 0.026)$  / altura de edificación (600 cm)

=  $0.0000975 < 0.007$  ¡CUMPLE!

- *Resultados del análisis energético (cargas de calefacción).*

Resumen total

Nombre de espacio	Área (m <sup>2</sup> )	Volumen (m <sup>3</sup> )	Valor máximo de carga de refrigeración	Flujo de aire de refrigeración	Valor máximo de carga de calefacción (W)	Flujo de aire de calefacción (L/s)
<a href="#">1 DORMITORIO</a>	19	69.88	0	-	3,398	164.2
<a href="#">2 SALA-COMEDOR</a>	46	207.64	0	-	1,954	94.4
<a href="#">3 BANO</a>	11	32.34	0	-	979	47.3
<a href="#">4 DORMITORIO</a>	14	61.02	0	-	919	44.4
<a href="#">5 DORMITORIO</a>	14	48.59	0	-	1,276	61.7

De estos cálculos podemos concluir que tanto los dormitorios de 1 y 5 además de la sala-comedor requieren más energía de calefacción, esto quiere decir que estos estarán más expuestos a las bajas temperaturas esto puede ser porque estos tres ambientes tienen ventanas al exterior y el vidrio tiene mayor coeficiente de conducción térmica a comparación con el adobe o el poliuretano.

Lo recomendable sería colocar en las noches una cubierta protectora en las ventanas a fin de evitar pérdidas de calor.

## Resumen del área - 1 DORMITORIO

<b>Entradas</b>	
Área (m <sup>2</sup> )	19
Volumen (m <sup>3</sup> )	69.88
Área de muro (m <sup>2</sup> )	37
Área de cubierta (m <sup>2</sup> )	21
Área de puerta (m <sup>2</sup> )	2
Área de partición (m <sup>2</sup> )	0
Área de ventana (m <sup>2</sup> )	0
Área de claraboya (m <sup>2</sup> )	0
Carga de iluminación (W)	232
Carga de potencia (W)	113
Número de personas	4
Incremento de calor sensible/persona (W)	73
Incremento de calor latente/persona (W)	45
Flujo de aire de infiltración (L/s)	0.0
Tipo de espacio	Dormitorio de residencia
<b>Resultados calculados</b>	
Mensaje psicrométrico	<b>The zone this space belongs to had a psychrometric error</b>
Valor máximo de carga de refrigeración (W)	<b>0</b>
Valor máximo de carga sensible de refrigeración (W)	0
Valor máximo de carga latente de refrigeración (W)	0
Valor máximo de flujo de aire de refrigeración	-
Valor máximo de carga de calefacción (W)	<b>3,398</b>
Valor máximo de flujo de aire de calefacción (L/s)	164.2

Componentes	Refrigeración		Calefacción	
	Cargas (W)	Porcentaje del total	Cargas (W)	Porcentaje del total
Muro	0	0.00%	2,826	83.15%
Ventana	0	0.00%	0	0.00%

Puerta	0	0.00%	73	2.14%
Cubierta	0	0.00%	500	14.70%
Claraboya	0	0.00%	0	0.00%
Partición	0	0.00%	0	0.00%
Infiltración	0	0.00%	0	0.00%
Iluminación	0	0.00%	0	0.00%
Potencia	0	0.00%	0	0.00%
Personas	0	0.00%	0	0.00%
Plénium	0	0.00%		
<b>Total</b>	<b>0</b>	<b>100%</b>	<b>3,398</b>	<b>100%</b>

## Resumen del área - 2 SALA-COMEDOR

<b>Entradas</b>	
Área (m <sup>2</sup> )	46
Volumen (m <sup>3</sup> )	207.64
Área de muro (m <sup>2</sup> )	13
Área de cubierta (m <sup>2</sup> )	49
Área de puerta (m <sup>2</sup> )	3
Área de partición (m <sup>2</sup> )	0
Área de ventana (m <sup>2</sup> )	0
Área de claraboya (m <sup>2</sup> )	0
Carga de iluminación (W)	1,050
Carga de potencia (W)	270
Número de personas	33
Incremento de calor sensible/persona (W)	81
Incremento de calor latente/persona (W)	81
Flujo de aire de infiltración (L/s)	0.0
Tipo de espacio	Zona de comedor - Comedor familiar
<b>Resultados calculados</b>	
Mensaje psicrométrico	<b>The zone this space belongs to had a psychrometric error</b>
Valor máximo de carga de refrigeración (W)	<b>0</b>

Valor máximo de carga sensible de refrigeración (W)	0
Valor máximo de carga latente de refrigeración (W)	0
Valor máximo de flujo de aire de refrigeración	-
Valor máximo de carga de calefacción (W)	<b>1,954</b>
Valor máximo de flujo de aire de calefacción (L/s)	94.4

Componentes	Refrigeración		Calefacción	
	Cargas (W)	Porcentaje del total	Cargas (W)	Porcentaje del total
Muro	0	0.00%	754	38.59%
Ventana	0	0.00%	0	0.00%
Puerta	0	0.00%	0	0.00%
Cubierta	0	0.00%	1,200	61.41%
Claraboya	0	0.00%	0	0.00%
Partición	0	0.00%	0	0.00%
Infiltración	0	0.00%	0	0.00%
Iluminación	0	0.00%	0	0.00%
Potencia	0	0.00%	0	0.00%
Personas	0	0.00%	0	0.00%
Plénium	0	0.00%		
<b>Total</b>	<b>0</b>	<b>100%</b>	<b>1,954</b>	<b>100%</b>

### Resumen del área - 3 BAÑO

Entradas	
Área (m <sup>2</sup> )	11
Volumen (m <sup>3</sup> )	32.34
Área de muro (m <sup>2</sup> )	15
Área de cubierta (m <sup>2</sup> )	6
Área de puerta (m <sup>2</sup> )	2
Área de partición (m <sup>2</sup> )	0
Área de ventana (m <sup>2</sup> )	0



Área de claraboya (m²)	0
Carga de iluminación (W)	102
Carga de potencia (W)	34
Número de personas	3
Incremento de calor sensible/persona (W)	73
Incremento de calor latente/persona (W)	59
Flujo de aire de infiltración (L/s)	0.0
Tipo de espacio	Servicios
<b>Resultados calculados</b>	
Mensaje psicrométrico	<b>The zone this space belongs to had a psychrometric error</b>
Valor máximo de carga de refrigeración (W)	<b>0</b>
Valor máximo de carga sensible de refrigeración (W)	0
Valor máximo de carga latente de refrigeración (W)	0
Valor máximo de flujo de aire de refrigeración	-
Valor máximo de carga de calefacción (W)	<b>979</b>
Valor máximo de flujo de aire de calefacción (L/s)	47.3

Componentes	Refrigeración		Calefacción	
	Cargas (W)	Porcentaje del total	Cargas (W)	Porcentaje del total
Muro	0	0.00%	828	84.61%
Ventana	0	0.00%	0	0.00%
Puerta	0	0.00%	0	0.00%
Cubierta	0	0.00%	151	15.39%
Claraboya	0	0.00%	0	0.00%
Partición	0	0.00%	0	0.00%
Infiltración	0	0.00%	0	0.00%
Iluminación	0	0.00%	0	0.00%
Potencia	0	0.00%	0	0.00%
Personas	0	0.00%	0	0.00%
Plénium	0	0.00%		
<b>Total</b>	<b>0</b>	<b>100%</b>	<b>979</b>	<b>100%</b>

## Resumen del área - 4 DORMITORIO

Entradas	
Área (m <sup>2</sup> )	14
Volumen (m <sup>3</sup> )	61.02
Área de muro (m <sup>2</sup> )	10
Área de cubierta (m <sup>2</sup> )	16
Área de puerta (m <sup>2</sup> )	0
Área de partición (m <sup>2</sup> )	0
Área de ventana (m <sup>2</sup> )	0
Área de claraboya (m <sup>2</sup> )	0
Carga de iluminación (W)	172
Carga de potencia (W)	84
Número de personas	3
Incremento de calor sensible/persona (W)	73
Incremento de calor latente/persona (W)	45
Flujo de aire de infiltración (L/s)	0.0
Tipo de espacio	Dormitorio de residencia
Resultados calculados	
Mensaje psicrométrico	<b>The zone this space belongs to had a psychrometric error</b>
Valor máximo de carga de refrigeración (W)	<b>0</b>
Valor máximo de carga sensible de refrigeración (W)	0
Valor máximo de carga latente de refrigeración (W)	0
Valor máximo de flujo de aire de refrigeración	-
Valor máximo de carga de calefacción (W)	<b>919</b>
Valor máximo de flujo de aire de calefacción (L/s)	44.4

Componentes	Refrigeración		Calefacción	
	Cargas (W)	Porcentaje del total	Cargas (W)	Porcentaje del total
Muro	0	0.00%	529	57.54%

Ventana	0	0.00%	0	0.00%
Puerta	0	0.00%	0	0.00%
Cubierta	0	0.00%	390	42.46%
Claraboya	0	0.00%	0	0.00%
Partición	0	0.00%	0	0.00%
Infiltración	0	0.00%	0	0.00%
Iluminación	0	0.00%	0	0.00%
Potencia	0	0.00%	0	0.00%
Personas	0	0.00%	0	0.00%
Plénium	0	0.00%		
<b>Total</b>	<b>0</b>	<b>100%</b>	<b>919</b>	<b>100%</b>

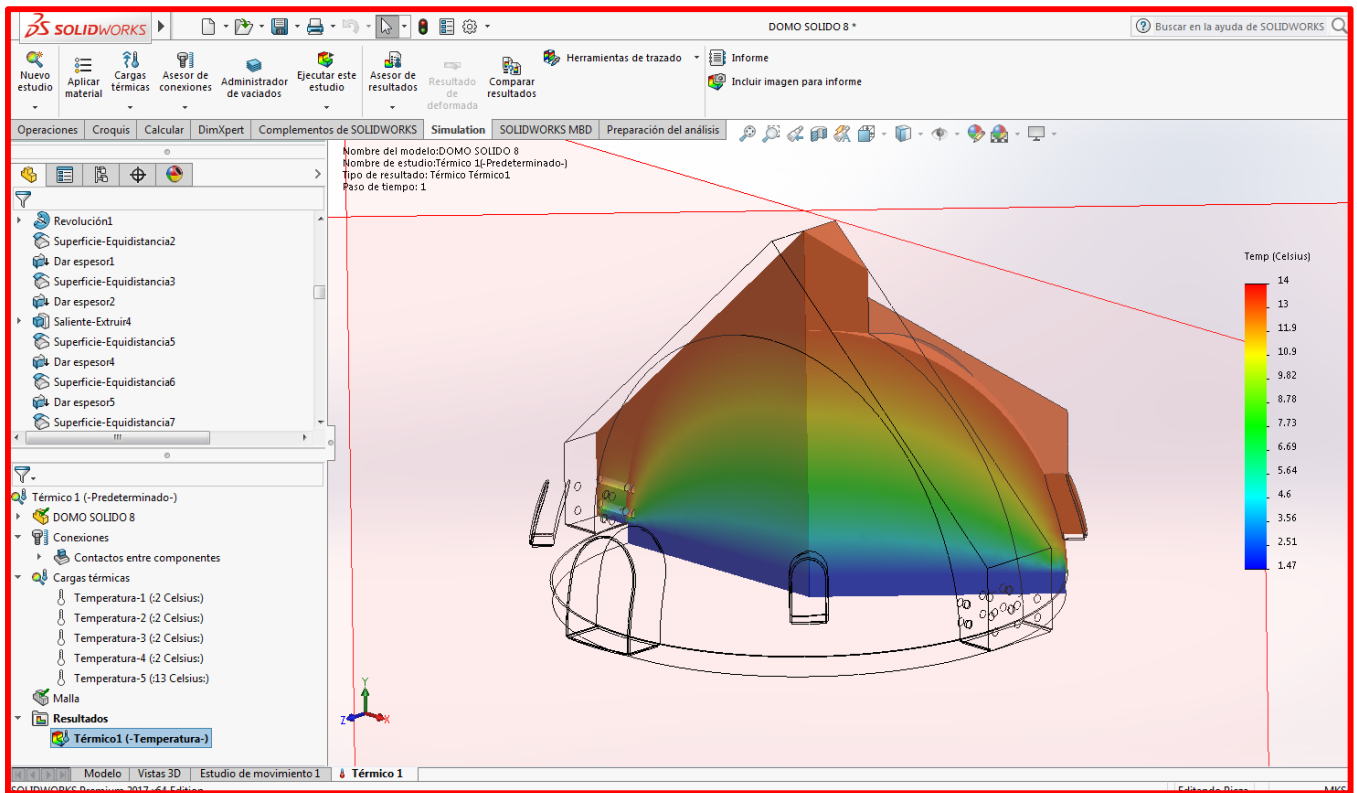
## Resumen del área - 5 DORMITORIO

<b>Entradas</b>	
Área (m <sup>2</sup> )	14
Volumen (m <sup>3</sup> )	48.59
Área de muro (m <sup>2</sup> )	17
Área de cubierta (m <sup>2</sup> )	14
Área de puerta (m <sup>2</sup> )	2
Área de partición (m <sup>2</sup> )	0
Área de ventana (m <sup>2</sup> )	0
Área de claraboya (m <sup>2</sup> )	0
Carga de iluminación (W)	167
Carga de potencia (W)	81
Número de personas	3
Incremento de calor sensible/persona (W)	73
Incremento de calor latente/persona (W)	45
Flujo de aire de infiltración (L/s)	0.0
Tipo de espacio	Dormitorio de residencia
<b>Resultados calculados</b>	
Mensaje psicométrico	<b>The zone this space belongs to had a psychrometric error</b>

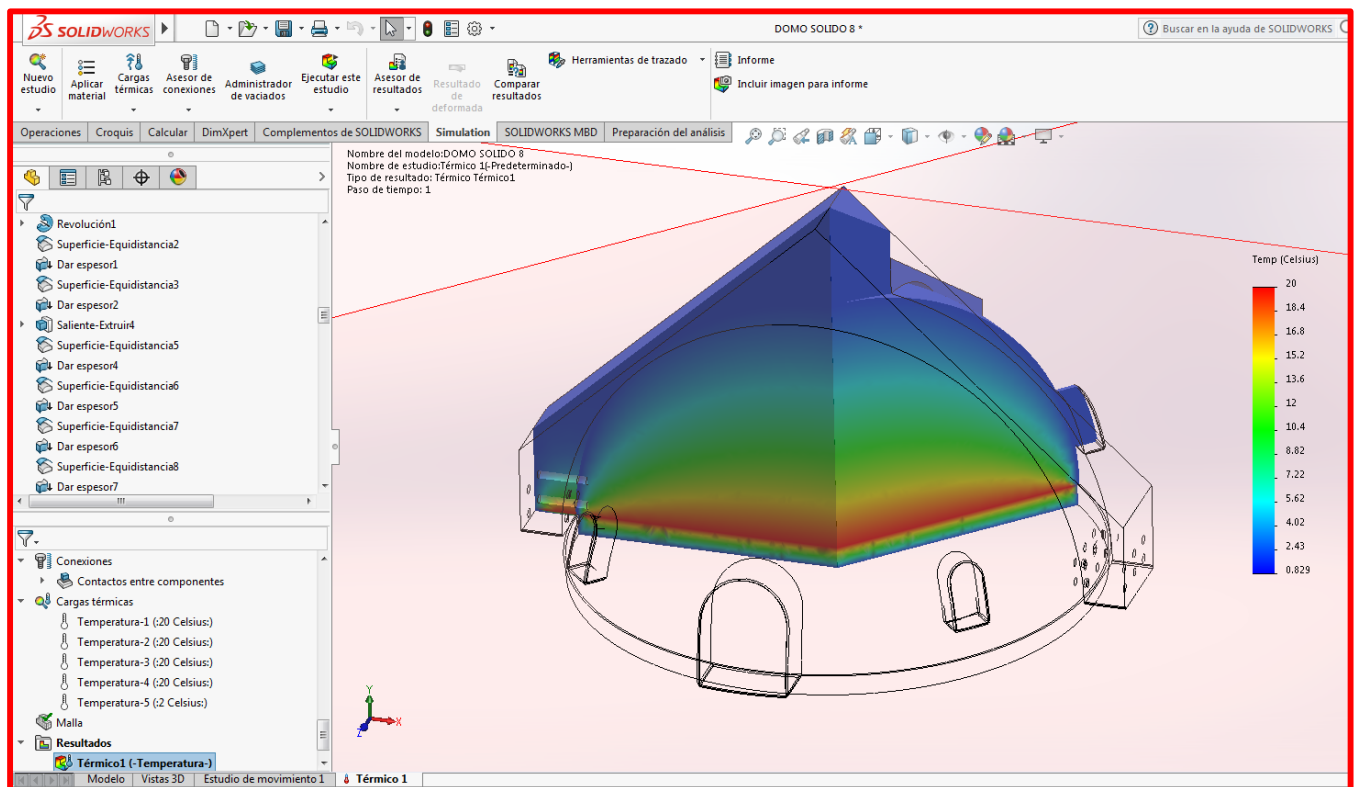
Valor máximo de carga de refrigeración (W)	<b>0</b>
Valor máximo de carga sensible de refrigeración (W)	0
Valor máximo de carga latente de refrigeración (W)	0
Valor máximo de flujo de aire de refrigeración	-
Valor máximo de carga de calefacción (W)	<b>1,276</b>
Valor máximo de flujo de aire de calefacción (L/s)	61.7

Componentes	Refrigeración		Calefacción	
	Cargas (W)	Porcentaje del total	Cargas (W)	Porcentaje del total
Muro	0	0.00%	940	73.64%
Ventana	0	0.00%	0	0.00%
Puerta	0	0.00%	0	0.00%
Cubierta	0	0.00%	336	26.36%
Claraboya	0	0.00%	0	0.00%
Partición	0	0.00%	0	0.00%
Infiltración	0	0.00%	0	0.00%
Iluminación	0	0.00%	0	0.00%
Potencia	0	0.00%	0	0.00%
Personas	0	0.00%	0	0.00%
Plénium	0	0.00%		
<b>Total</b>	<b>0</b>	<b>100%</b>	<b>1,276</b>	<b>100%</b>

- *Resultados térmicos (Exposición diurna)*



- *Resultados térmicos (Exposición nocturna)*



## **V. DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS**

### **5.1. RESULTADOS DEL ANÁLISIS SÍSMICO**

Luego de haber realizado las simulaciones en robot structural analysis nos percatamos de que los desplazamientos laterales no llegan a superar lo permisible por la norma E.030, pero si bien el material predominante es el adobe, lo diseñaremos tal cual fuera un edificio de concreto armado ya que la E.080 de adobe reforzado no habla de diseñar estructuras con este material sino más bien en cómo mejorar las viviendas ya construidas con este.

Podemos concluir que el domo si bien es de adobe un material que no es recomendable para resistir sismos puede llegar a usarse para este fin si tiene como forma estructural una cascara de ferrocemento, el único inconveniente vendría a ser el proceso constructivo de este ya que para hacer un domo monolítico lo más ideal sería usar una membrana inflable a fin de proyectar el adobe sobre este, esta forma de construir no es muy complicada pero dependiendo de la locación podría ser un problema a considerar.

### **5.2. RESULTADOS DEL ANÁLISIS TÉRMICO**

Después de haber obtenido los resultados lanzados por el software Solidworks , podemos tener una mejor idea de lo que pueden llegar a proporcionarnos el adobe y el poliuretano como materiales aislantes así como en el aluminio como placa colectora de calor , si bien el domo vendría a estar expuesto a temperaturas bastante bajas la capacidad para retener y absorber el poco calor que nos ofrece el entorno , pero aun así tendría que ser necesaria una forma de calefacción adicional a la proporcionada por el entorno , pero en menor proporción , podríamos concluir que se podría usar una estructura de este tipo para locaciones bastante remotas de nuestro territorio.

## VI. CONCLUSIONES

En cuanto al primer objetivo específico, “Modelar y verificar la capacidad sismo resistente del domo como propuesta de vivienda con la ayuda del software robot structural análisis”, pudo verificarse los desplazamientos laterales del domo bajo acción del espectro de diseño siendo el resultado para el análisis espectral en la dirección “X” de 0.000345 , para la dirección “Y” fue de 0.000345 y para la dirección “Z” igual a 0.0000975 siendo inferior al requerido por la norma E.030 , siendo con esto comprobada que la forma semiesférica del domo es óptima bajo cargas sísmicas.

En cuanto al segundo objetivo específico, “Modelar el armado del acero que usaremos en la estructura base del domo con la ayuda del programa Revit y siguiendo los resultados lanzados por el análisis sísmico”, optamos por utilizar malla hexagonal galvanizada N°18(1.2mm) por ambas caras del domo así como acero corrugado grado 60 de 6mm para el armazón, a su vez acero corrugado 5/8” para el anillo de cimentación y acero corrugado de 1/2” para la losa.

En cuanto al tercer objetivo específico, “Modelar la cubierta tipo domo y asignarle los materiales más idóneos con la ayuda del software solidwords”, colocamos aluminio grado1060 para aumentar la absorción térmica del domo, así como un espesor de 10cm para el cascaron de tierra estabilizada, 2cm de mortero impermeabilizante sika 1:3.1 en la cara exterior y 1.2cm de poliuretano expandido en spray, usamos drywall de 8mm para el armado de los muros trombe adosados al domo y en la base usamos una capa de poliestireno expandido de 40cm para evitar fuga de calor por el contacto con el terreno.

En cuanto al cuarto objetivo específico, “Determinar la pérdida o ganancia térmica con la ayuda del software solidworks”, el domo gracias a sus materiales y a su geometría logro un incremento de 6.27°C en el día, es decir paso de los 2.51°C a los 8.78°C, en la noche tuvo una pérdida de



14.38°C es decir paso de los 20°C a los 5.62°C quedando en evidencia el uso necesario de mecanismos adicionales para incrementar la temperatura al interior pero en menor medida.

En cuanto al quinto objetivo específico, “Determinar la eficiencia energética del módulo propuesto con la ayuda del software revit”, se pudo registrar que las áreas 19m<sup>2</sup>, 46m<sup>2</sup> y 14m<sup>2</sup> donde están colocadas cerca ventanas y placas de aluminio tienden a consumir 3398 watts, 1954 watts y 1276 watts respectivamente esto debido a que los vidrios y las placas de aluminio están en contacto directo con las bajas temperaturas.

## **VII. GLOSARIO**

### **Adobe.**

Se entiende por adobe como la tierra estabilizada confinada sin cocer, el cual puede contener paja u otros materiales que mejoraran su estabilidad y resistencia frente a agentes externos.

## **VIII. RECOMENDACIONES**

Por estética, durabilidad, simplicidad, seguridad y economía, el uso de domos monolíticos de adobe debe impulsarse dentro de la población peruana por presentar una opción de fácil fabricación, que genere menos dependencia de los sistemas constructivos tradicionales que usan perfiles de acero, madera, láminas, losas armadas, etc.

Ya que las formas semiesféricas demostraron sus ventajas mecánicas para soportar cargas sísmicas, deberá atenderse las posibles proporciones de mortero y aditivos que proporcionen ventajas tales como impermeabilidad, duración, resistencia, apariencia y economía ya que el punto débil de adobe es la humedad.

## XI. REFERENCIAS

### Referencias

- 7-05, A. (2006). *MINIMUM DESIGN LOADS FOR BUILDINGS AND OTHER STRUCTURES* .
- 7730, I. (2005). *Confort térmico*.
- 7730, I. (2014). *www.innova-airtech.de*. Obtenido de *www.innova-airtech.de*.
- Alvarado Juan, F. D. (2010). *¿LOS" MUROS TROMBE" SIRVEN EN EL PERU?* CUSCO: UNI.
- Bejarano, C. E. (2016). *Análisis y diseño de estructuras con Autodesk Robot Structural Análisis 2016*.
- Bruno Guzmán D, I. S. (s.f.). *dspace.ucuenca.edu.ec*. Obtenido de *dspace.ucuenca.edu.ec*.
- Colombo, A. B. (2013). *La energía solar térmica* .
- Diaz, A. (2012). *eudomus.com*. Obtenido de *eudomus.com*.
- Diego Aravena Arratia, H. V. (2015). *Diseño dinámico y estructural de una medialuna cubierta para training*. . Concepción-Chile.
- Domos, C. (2017). *Cualidades Domos*. santiago de chile.
- Elí Quispe Ccoa, P. D. (2017). *repositorio.upeu.edu.pe*. Obtenido de *repositorio.upeu.edu.pe*.
- Javier, A., & Garnelo. (2013). *Proceso de implementación de calefactores solares para proyectos de cooperación al desarrollo* . Zaragoza-España.
- Jorge Rojas, G. H.-O. (2010). *Energía y confort En Edificaciones*. Ciudad Autónoma de Mexico.
- Medina, D. Á. (2015). *Estudio de muros trombe del tipo simple de circulacion delantera y su influencia en el confort térmico mediante calefacción solar pasiva aplicado a una vivienda unifamiliar*. Ambato-Ecuador.
- Ministerio de vivienda, c. y. (2014). *es.slideshare.net*. Obtenido de *es.slideshare.net*.
- Natividad Alvarado Juan, O. F. (2010). *fc.uni.edu.pe*. Obtenido de *fc.uni.edu.pe*.
- NORMA. (2006). *E.020*. LIMA-PERU.

NORMA. (2016). *E.030*. LIMA-PERU.

NORMA. (2017). *E.080*. LIMA-PERU.

Ocampo, S., & Karina, E. (2015). *dspace.utpl.edu.ec*. Obtenido de *dspace.utpl.edu.ec*.

Paula, S., & Yuste. (20 de 12 de 2016). *La inercia térmica en la construcción de edificios eficientes*. Obtenido de *certificadosenergeticos.com*:  
<https://www.certificadosenergeticos.com/inercia-termica-construccion-edificios-eficientes>

Percy Alejandro Manuel Sosa Saona, J. A. (2017). *dspace.unitru.edu.pe*. Obtenido de *dspace.unitru.edu.pe*.

Simulations, S. (2011). *Análisis Térmico*.

solidworks, A. d. (2010). *help.solidworks.com*. Obtenido de *help.solidworks.com*.

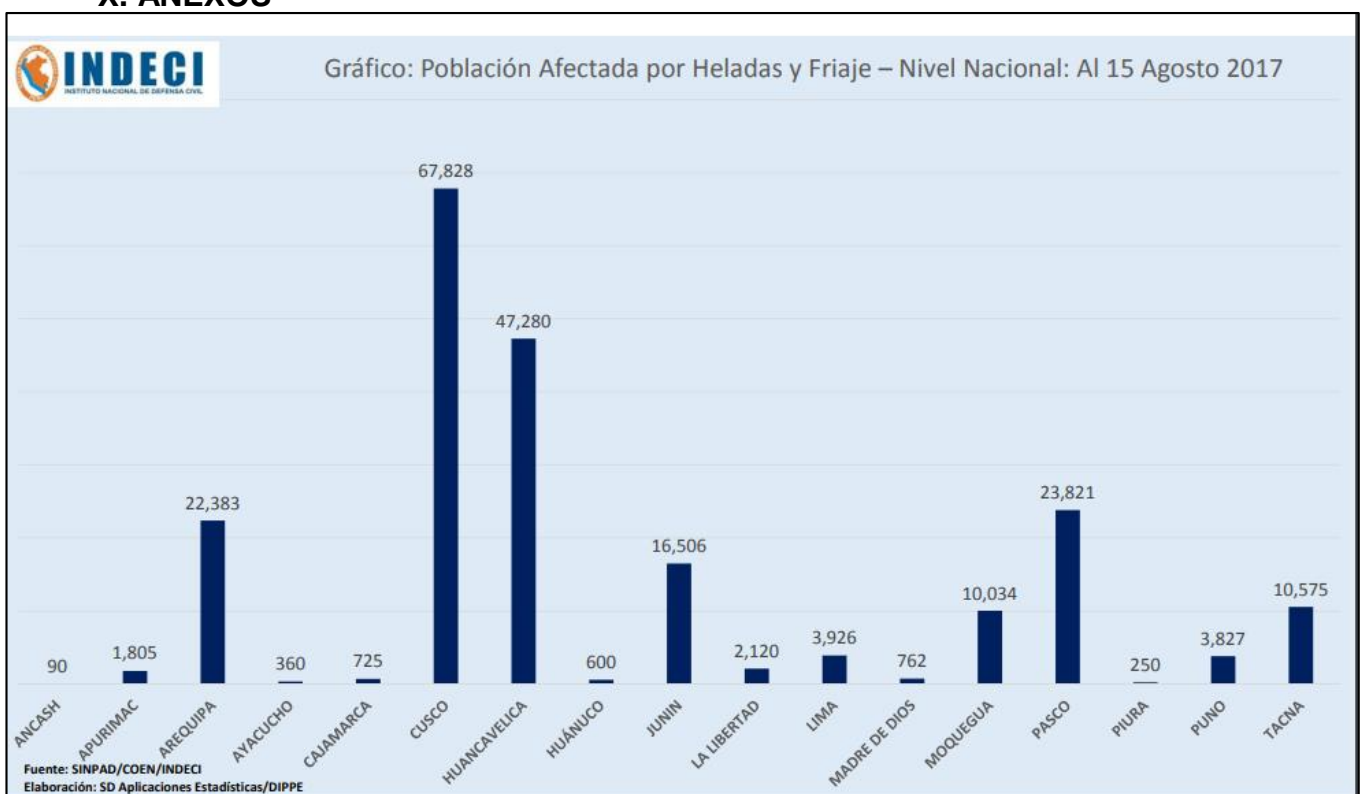
Son, J. M. (2005). *Cascaras de ferrocemento, una alternativa para techos en viviendas económicas*. Guatemala.

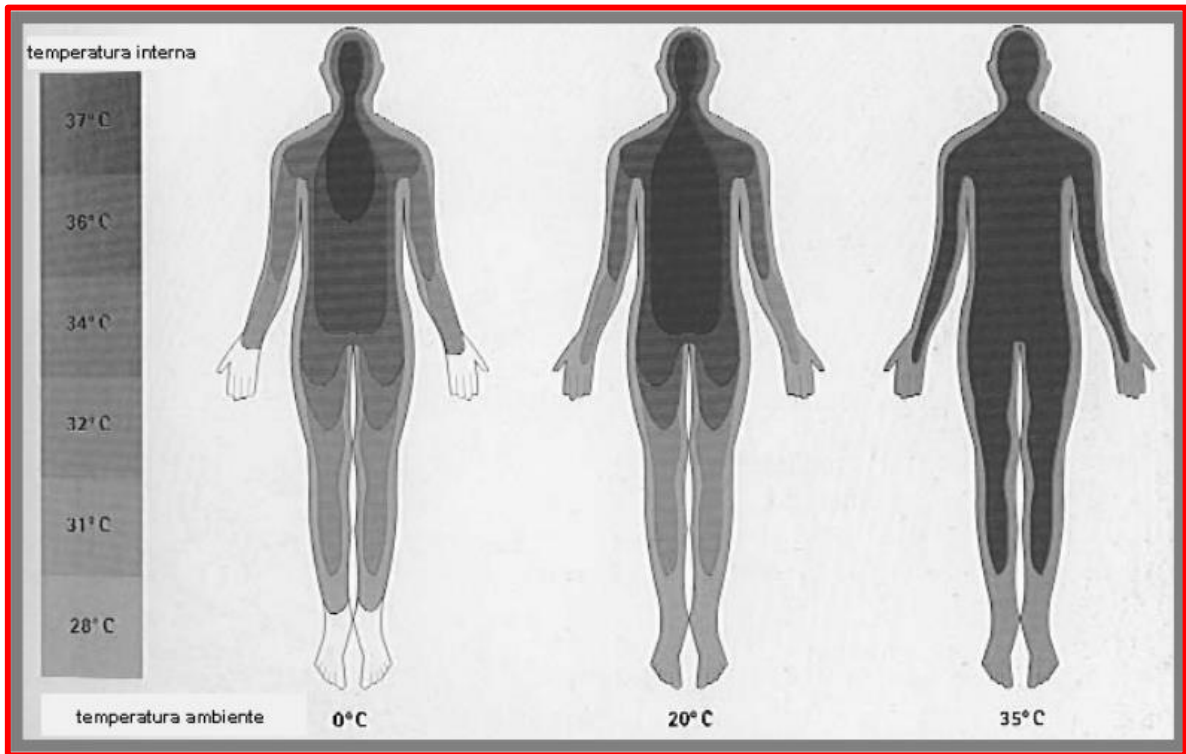
Spark, W. (2016). *es.weatherspark.com*. Obtenido de *es.weatherspark.com*.

Valencia, G. P. (2012). *Evaluación de soluciones de encapsulamiento de graneles sucios para control de dispersión de polvos contaminantes*. Santiago de Chile.

Villacorta, A. G. (2010). *www.aci-peru.org*. Obtenido de *www.aci-peru.org*.

## X. ANEXOS

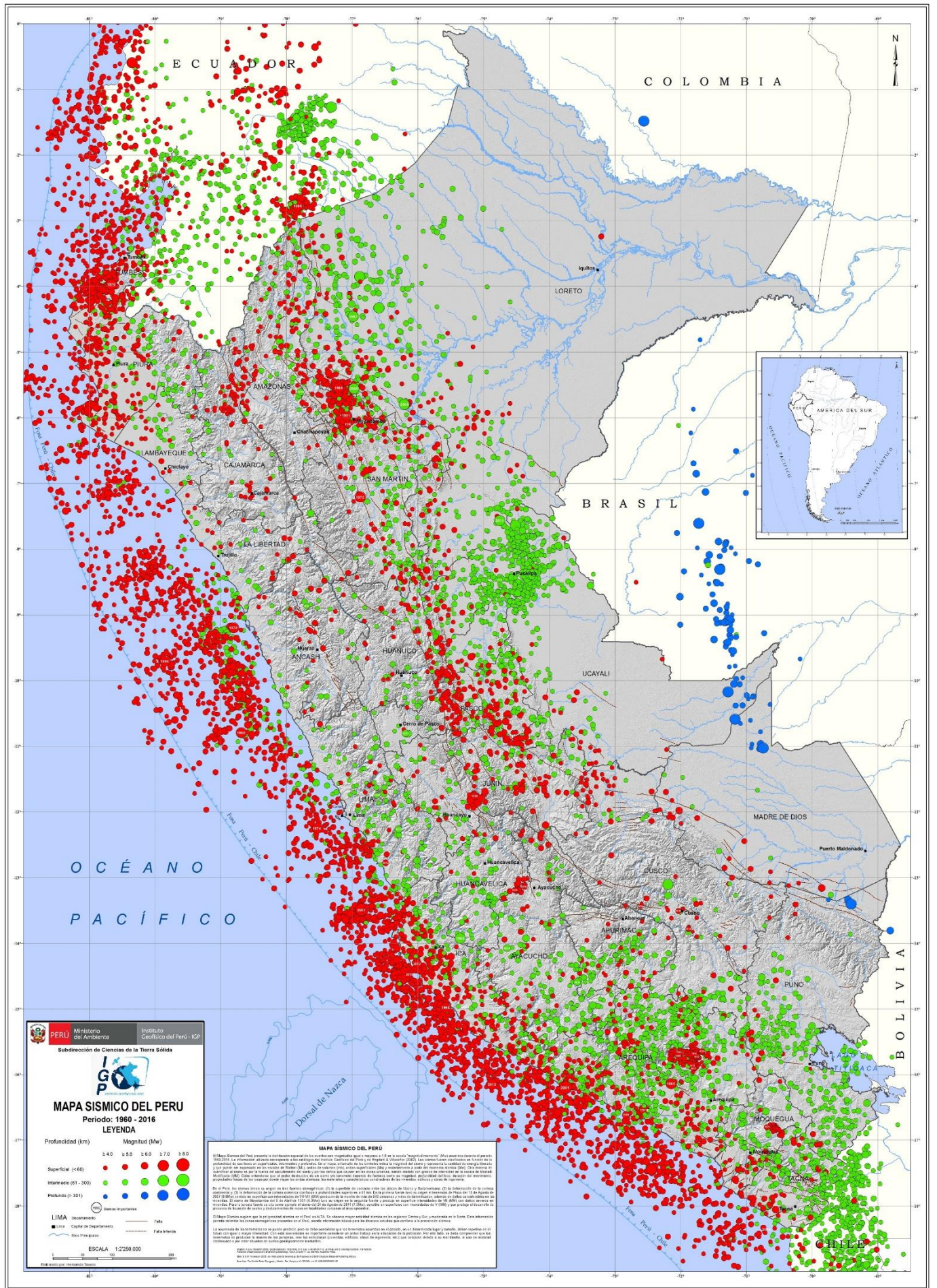




**Temperatura interna del cuerpo para distintas temperaturas ambientales**

*“Condiciones Básicas para el Confort Térmico” por FJ Chávez del Valle*







# MONITOREO TEMPERATURA MÁXIMA

TEMPERATURA MÁXIMA DIARIA  
Fecha: 09 de Agosto de 2019

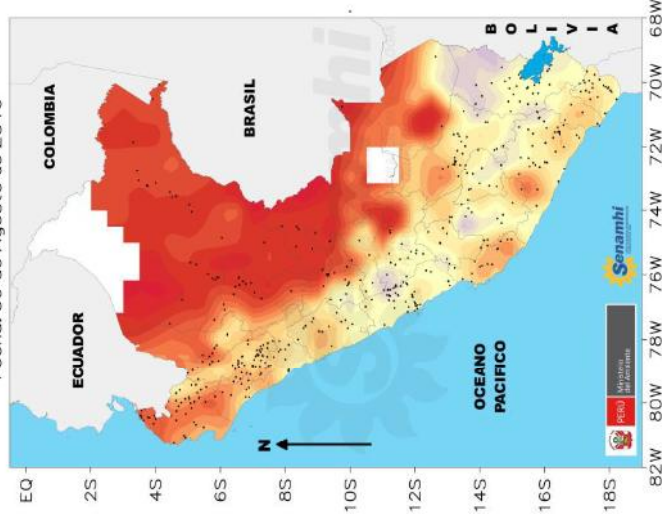


Figura 5

VARIACION DIARIA DE TEMPERATURA MÁXIMA  
09 AUG 2018 - 00 AUG 2019

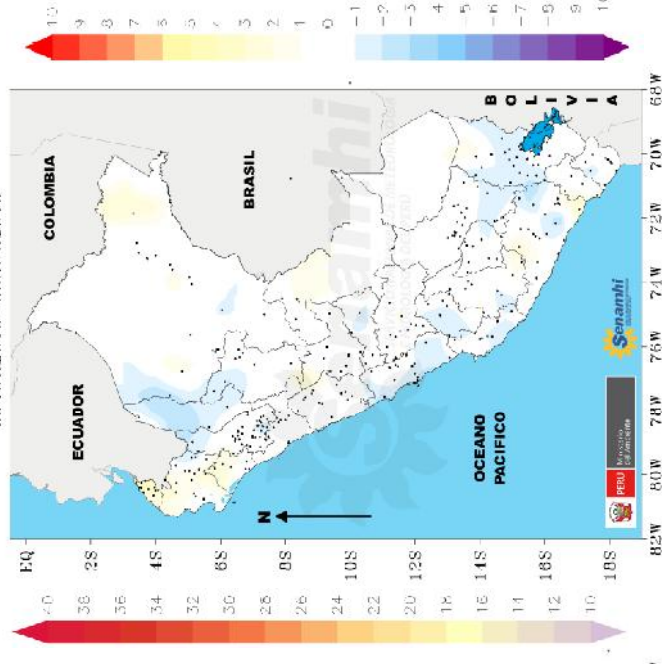


Figura 6

Cuadro 05: Las 10 mayores temperaturas a nivel nacional.

ESTACIÓN	DEPARTAMENTO	TEMP (°C)
PUERTO ESPERANZA	UCAYALI	36.6
SANTA ISABEL	LORETO	36.4
IÑAPARI	MADRE DE DIOS	35.9
PUERTO INCA	HUANUCO	35.7
BELLAVISTA	SAN MARTIN	35.6
TINGO DE PONAZA	SAN MARTIN	35.6
LAS PALMERAS DE UCAYALI	UCAYALI	35.6
CHAZUTA	SAN MARTIN	35.6
ESTRELLA	LORETO	35.5
EL PORVENIR	SAN MARTIN	35.4

La temperatura más alta se registró en la estación Puerto Esperanza (Ucayali) con un valor de 36.6°C, seguido de Santa Isabel (Loreto) con 36.4°C (Cuadro 05).

Con respecto al día anterior, la temperatura máxima presentó un ligero aumento en la costa norte. (Figura 6).



**TABLE 15.4-2 SEISMIC COEFFICIENTS FOR NONBUILDING STRUCTURES NOT SIMILAR TO BUILDINGS**

Nonbuilding Structure Type	Detailing Requirements <sup>c</sup>	R	$\Omega_0$	C <sub>d</sub>	STRUCTURAL SYSTEM AND HEIGHT LIMITS (ft.) <sup>a,d</sup>				
					A & B	C	D	E	F
Elevated tanks, vessels, bins, or hoppers:									
On symmetrically braced legs (not similar to buildings)	15.7.10	3	2 <sup>b</sup>	2.5	NL	NL	160	100	100
On unbraced legs or asymmetrically braced legs (not similar to buildings)	15.7.10	2	2 <sup>b</sup>	2.5	NL	NL	100	60	60
Single pedestal or skirt supported									
- welded steel	15.7.10	2	2 <sup>b</sup>	2	NL	NL	NL	NL	NL
- welded steel with special detailing	15.7.10 and 15.7.10.5 a and b.	3	2 <sup>b</sup>	2	NL	NL	NL	NL	NL
- prestressed or reinforced concrete	15.7.10	2	2 <sup>b</sup>	2	NL	NL	NL	NL	NL
- prestressed or reinforced concrete with special detailing	15.7.10 and 14.2.3.6	3	2 <sup>b</sup>	2	NL	NL	NL	NL	NL
Horizontal, saddle supported welded steel vessels	15.7.14	3	2 <sup>b</sup>	2.5	NL	NL	NL	NL	NL
Tanks or vessels supported on structural towers similar to buildings	15.5.5	Use values for the appropriate structure type in the categories for building frame systems and moment resisting frame systems listed in Table 15.4-1.							
Flat-bottom ground-supported tanks:	15.7								
Steel or fiber-reinforced plastic:									
Mechanically anchored		3	2 <sup>b</sup>	2.5	NL	NL	NL	NL	NL
Self-anchored		2.5	2 <sup>b</sup>	2	NL	NL	NL	NL	NL
Reinforced or prestressed concrete:									
reinforced nonsliding base		2	2 <sup>b</sup>	2	NL	NL	NL	NL	NL
anchored flexible base		3.25	2 <sup>b</sup>	2	NL	NL	NL	NL	NL
unanchored and unconstrained flexible base		1.5	1.5 <sup>b</sup>	1.5	NL	NL	NL	NL	NL
All other		1.5	1.5 <sup>b</sup>	1.5	NL	NL	NL	NL	NL
Cast-in-place concrete silos, stacks, and chimneys having walls continuous to the foundation	15.6.2	3	1.75	3	NL	NL	NL	NL	NL
All other reinforced masonry structures not similar to buildings	14.4.1	3	2	2.5	NL	NL	NL	50	50
All other nonreinforced masonry structures not similar to buildings	14.4.1	1.25	2	1.5	NL	NL	50	50	50
All other steel and reinforced concrete distributed mass cantilever structures not covered herein including stacks, chimneys, silos, and skirt-supported vertical vessels that are not similar to buildings	15.6.2 15.7.10 and 15.7.10.5 a and b.	3	2	2.5	NL	NL	NL	NL	NL
Trussed towers (freestanding or guyed), guyed stacks and chimneys	15.6.2	3	2	2.5	NL	NL	NL	NL	NL
Cooling towers									
Concrete or steel		3.5	1.75	3	NL	NL	NL	NL	NL
Wood frames		3.5	3	3	NL	NL	NL	50	50
Telecommunication towers	15.6.6								
Truss: Steel		3	1.5	3	NL	NL	NL	NL	NL
Pole: Steel		1.5	1.5	1.5	NL	NL	NL	NL	NL
Wood		1.5	1.5	1.5	NL	NL	NL	NL	NL
Concrete		1.5	1.5	1.5	NL	NL	NL	NL	NL
Frame: Steel		3	1.5	1.5	NL	NL	NL	NL	NL
Wood		1.5	1.5	1.5	NL	NL	NL	NL	NL
Concrete		2	1.5	1.5	NL	NL	NL	NL	NL
Amusement structures and monuments	15.6.3	2	2	2	NL	NL	NL	NL	NL
Inverted pendulum type structures (except elevated tanks, vessels, bins, and hoppers)	12.2.5.3	2	2	2	NL	NL	NL	NL	NL
Signs and billboards		3.5	1.75	3	NL	NL	NL	NL	NL
All other self-supporting structures, tanks, or vessels not covered above or by reference standards that are similar to buildings		1.25	2	2.5	NL	NL	50	50	50

<sup>a</sup>NL = no limit and NP = not permitted. Heights shall be measured from the base.

<sup>b</sup>See Section 15.7.3a for the application of the overstrength factors,  $\Omega_0$ , for tank and vessels.

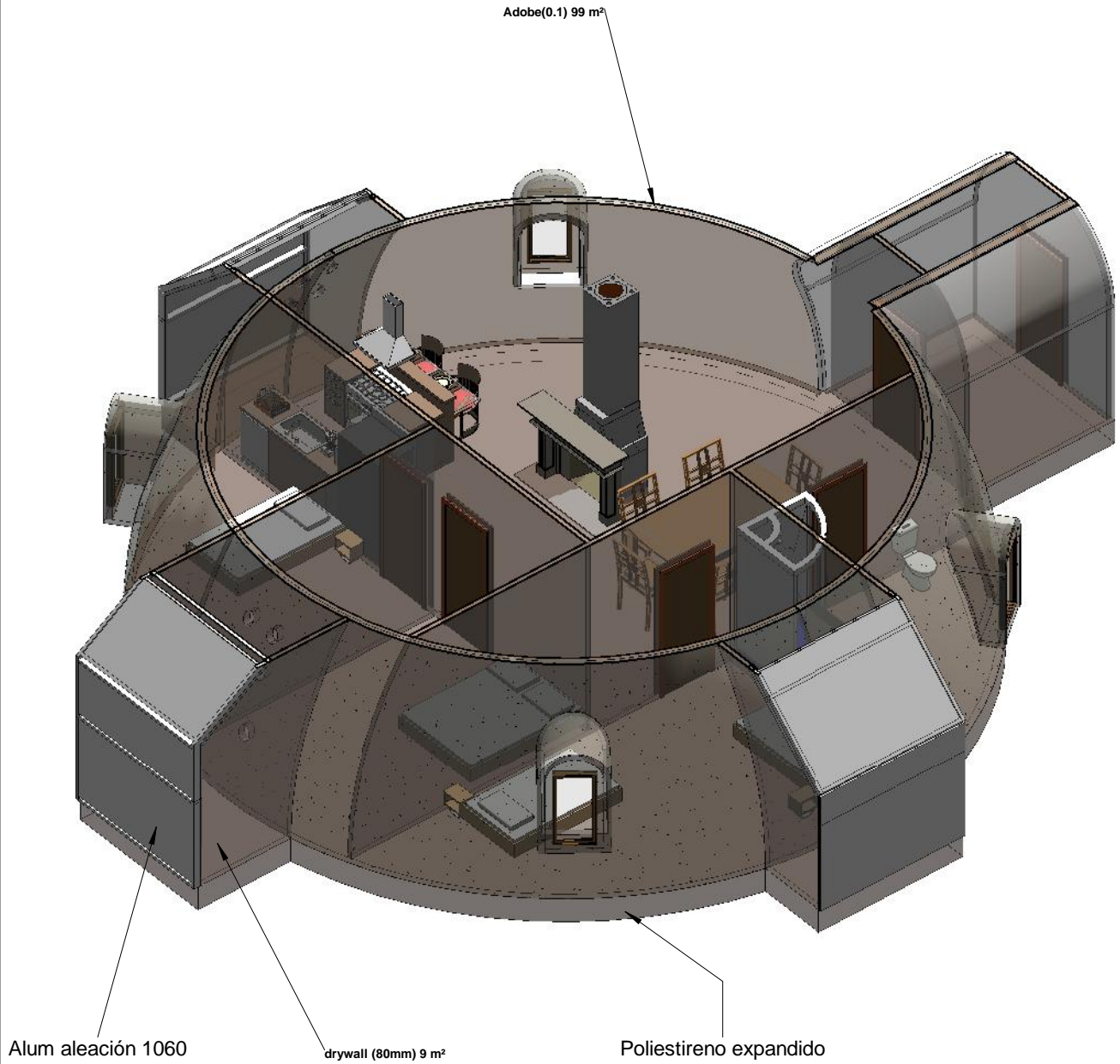
<sup>c</sup>If a section is not indicated in the Detailing Requirements column, no specific detailing requirements apply.

<sup>d</sup>For the purpose of height limit determination, the height of the structure shall be taken as the height to the top of the structural frame making up the primary seismic force-resisting system.

4. The vertical distribution of the lateral seismic forces in nonbuilding structures covered by this section shall be determined:
  - a. Using the requirements of Section 12.8.3, or
  - b. Using the procedures of Section 12.9, or
  - c. In accordance with reference document applicable to the specific nonbuilding structure.
5. For nonbuilding structural systems containing liquids, gases, and granular solids supported at the base as defined

in Section 15.7.1, the minimum seismic design force shall not be less than that required by the reference document for the specific system.

6. Where a reference document provides a basis for the earthquake resistant design of a particular type of nonbuilding structure covered by Chapter 15, such a standard shall not be used unless the following limitations are met:
  - a. The seismic ground accelerations, and seismic coefficients, shall be in conformance with the requirements of Section 11.4.



**Domo Monolitico  
6mx12m**

Leon Cornejo Marcos

**Arquitectura**

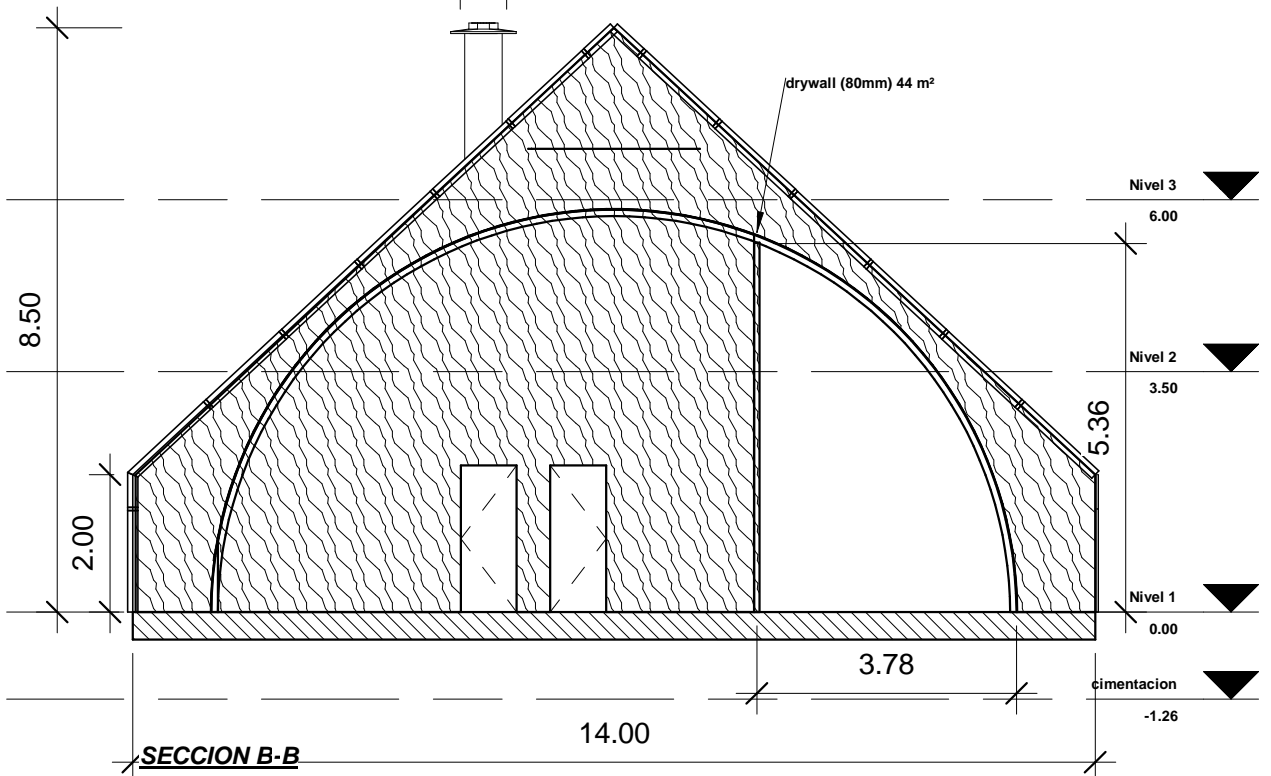
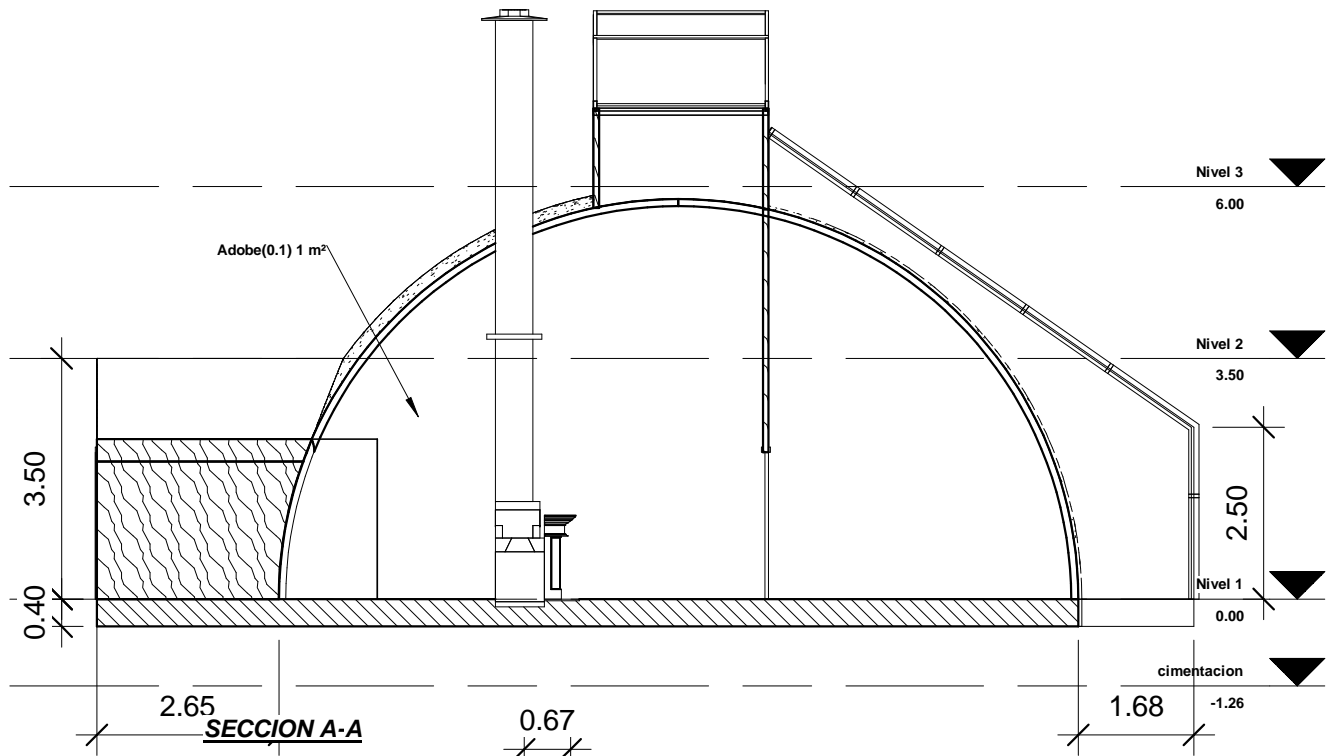
Corte Isometrico

**Arqui 03**

Dibujado por Autor

Comprobado por Verificador Escala





Domo Monolitico  
6mx12m

Leon Cornejo Marcos

Detalle de Secciones

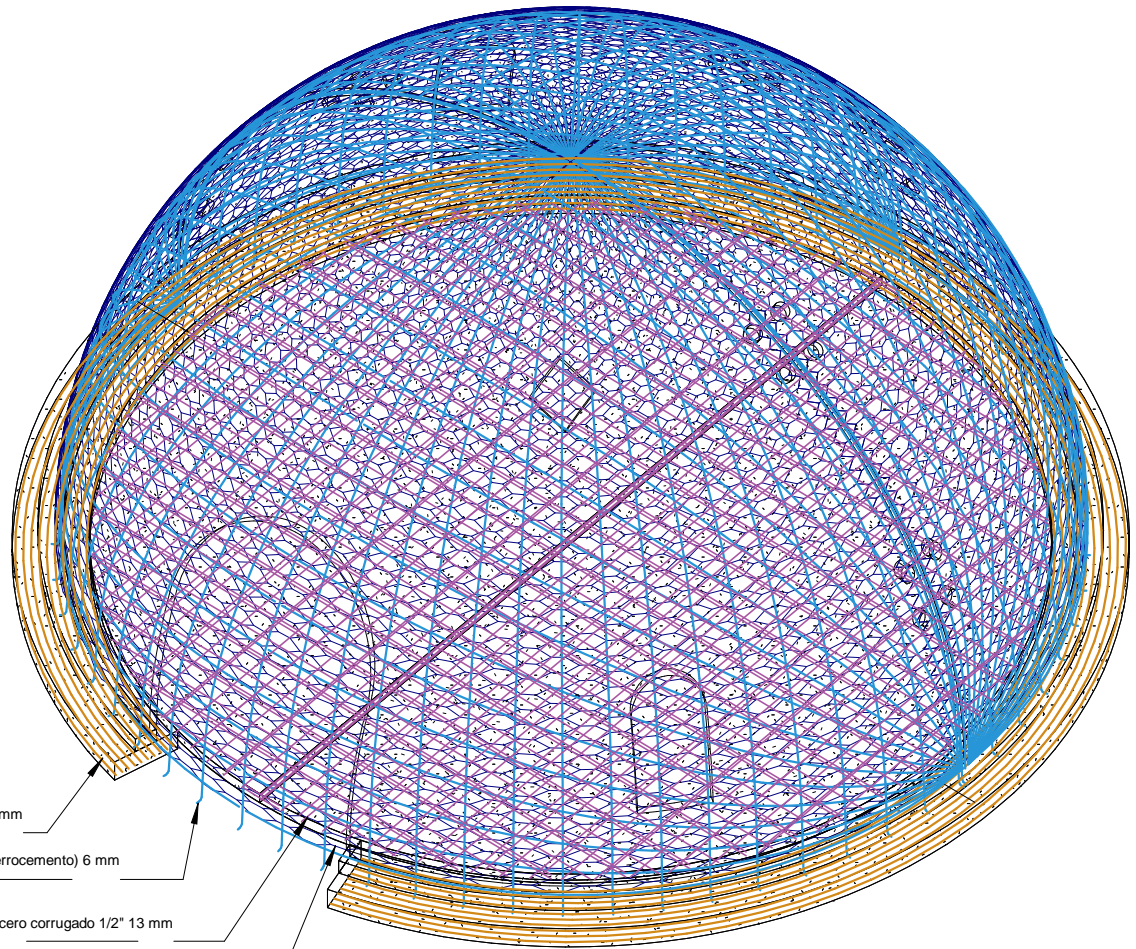
Arquitectura

Arqui 02

Dibujado por Autor

Comprobado por Verificador

Escala 1 : 100



Acero corrugado 5/8" 16 mm

acero 6mm(ferrocemento) 6 mm

acero corrugado 1/2" 13 mm

malla hexagonal galvanizada 3/4"

**VISTA ISOMETRICA DEL DOMO**

**Domo Monolitico  
6mx12m**

LEON CORNEJO MARCOS

**DOMO  
MONOLITICO**

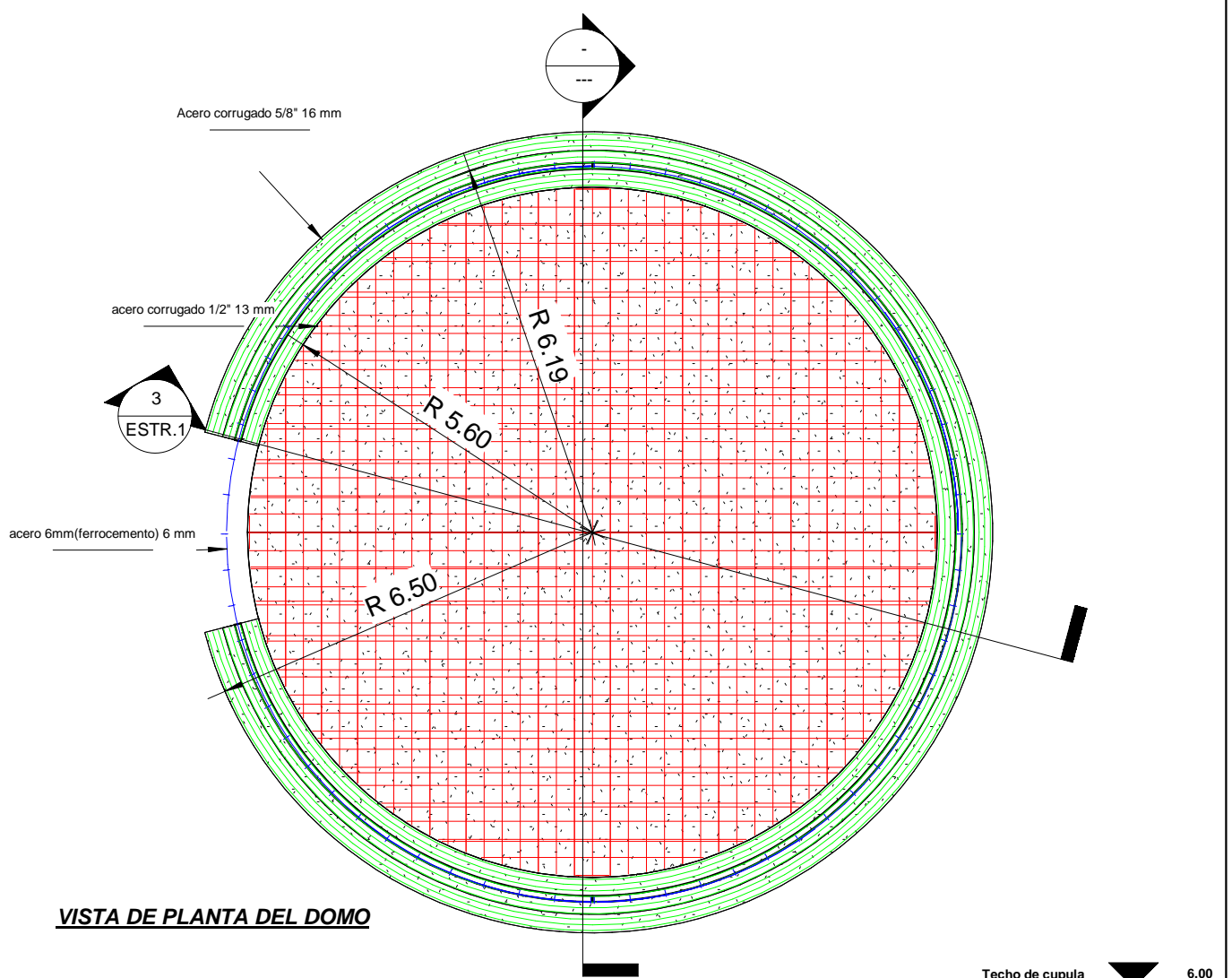
DETALLE DE REFUERZOS

**ESTR.2**

Dibujado Leon Cornejo Marcos

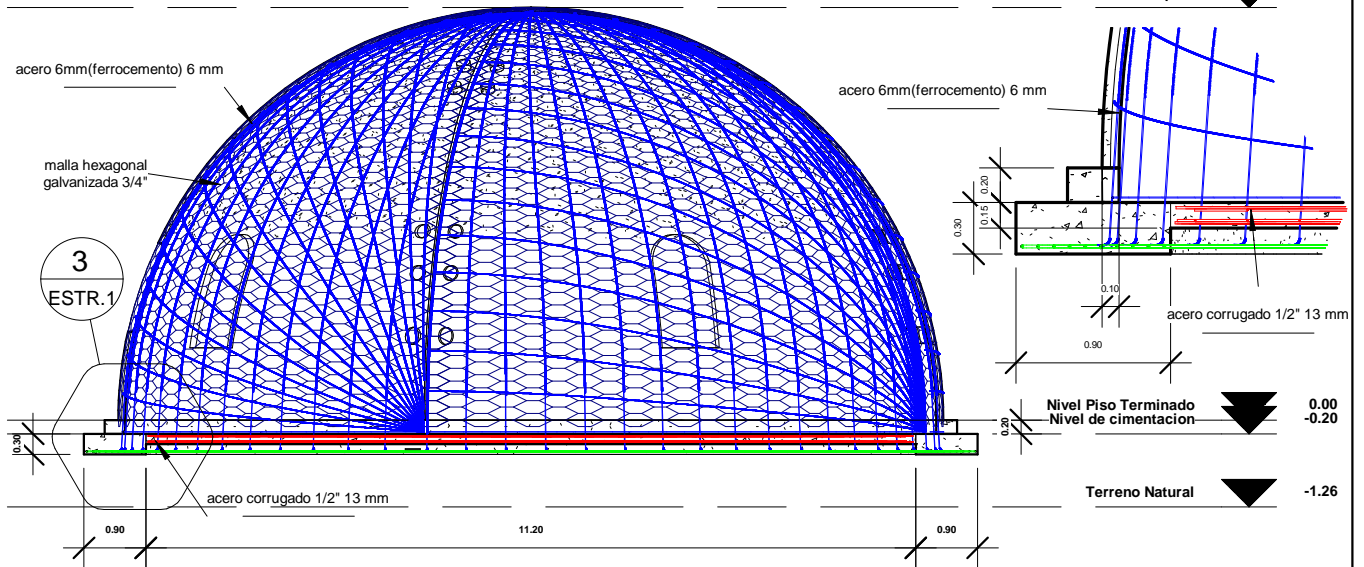
Comprobado por Verificador

Escala



**VISTA DE PLANTA DEL DOMO**

Techo de cupula ▼ 6.00



**VISTA DE PERFIL DEL DOMO**

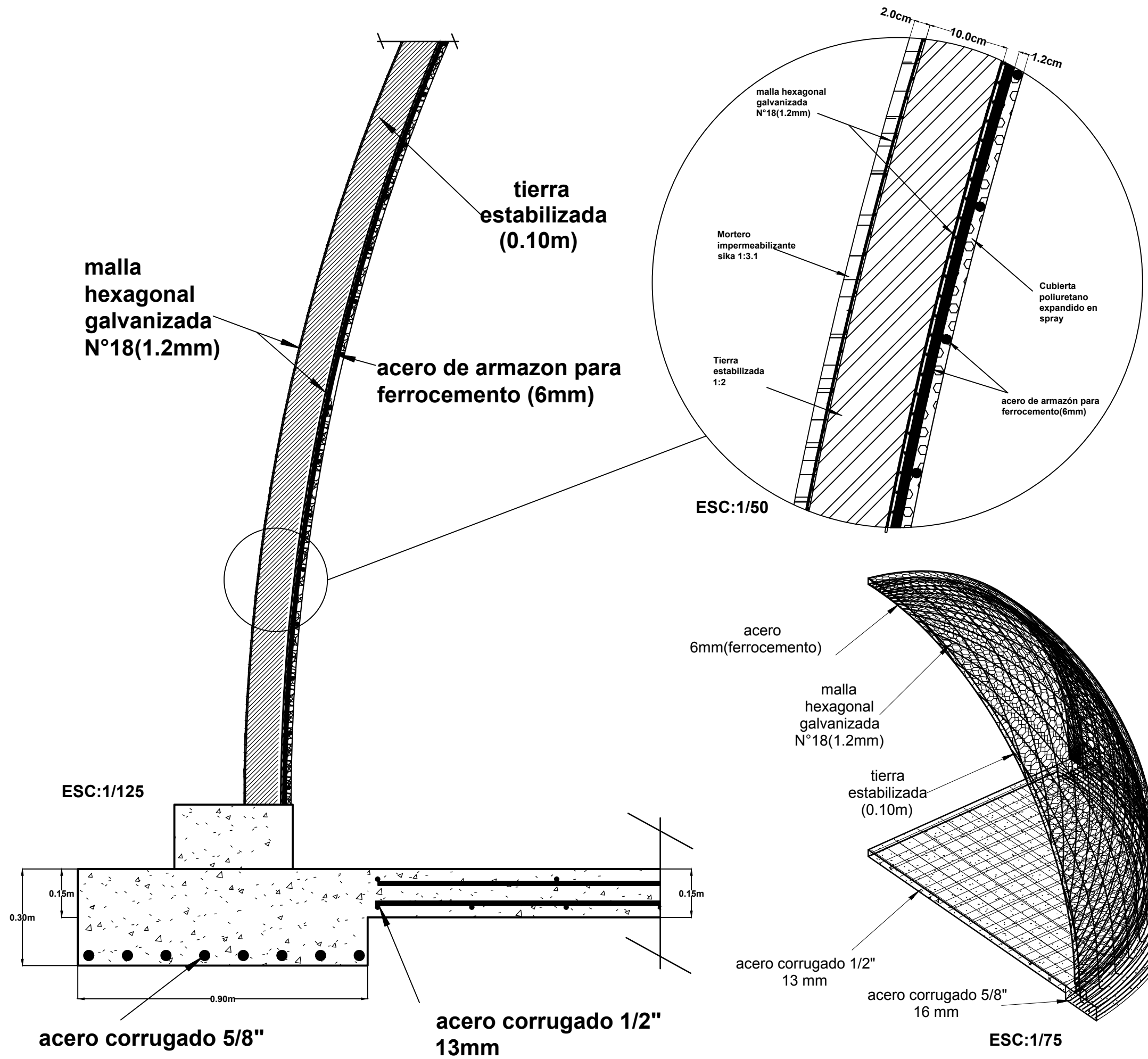
Nivel Piso Terminado ▼ 0.00  
 Nivel de cimentacion ▼ -0.20  
 Terreno Natural ▼ -1.26

**Domo Monolitico  
6mx12m**

LEON CORNEJO MARCOS  
  
**DOMO  
MONOLITICO**

**DETALLE DE REFUERZOS**

		<b>ESTR.1</b>
Dibujado Leon Cornejo Marcos	Comprobado por Verificador	
		Escala Como se indica



### ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

- TIERRA ESTABILIZADA**
  - DOMO MONOLÍTICO:(1:2) TIERRA-PAJA ARCILLA 10-20%,LIMO 15-25% y ARENA 55-70%  
 $f_c=12\text{kg/cm}^2$
  - ACERO**
  - MALLA HEXAGONAL GALVANIZADA:(N°18 1.2mm)
  - $\sigma=39-47\text{ kgf/mm}^2$
  - ACERO CORRUGADO GRADO 60:(6mm)
  - $f_y=420\text{MPa}$  ;  $R=620\text{MPa}$
  - ACERO CORRUGADO GRADO 60:(1/2" 13mm)
  - $f_y=420\text{MPa}$  ;  $R=620\text{MPa}$
  - ACERO CORRUGADO GRADO 60:(5/8" 16mm)
  - $f_y=420\text{MPa}$  ;  $R=620\text{MPa}$
- PARÁMETROS DE SITIO**
  - FACTOR DE ZONA:  $Z=0.35$ (ZONA 3)
  - FACTOR DE USO:  $U=1.00$ (EDIFICACIÓN COMÚN CATEGORÍA "C")
  - FACTOR DE REDUCCIÓN SÍSMICA:  $R=3.00$  (ESTRUCTURAS ATÍPICAS ASCE 7-05)
  - FACTOR DE SUELO:  $S=1.15$ (SUELO INTERMEDIO "S<sub>2</sub>")
  - PERIODO PREDOMINANTE DE SUELO:  $T_p=0.6$  ;  $T_L=2.0$
  - CARGAS DE DISEÑO**
  - CARGA VIVA DE TECHO: SOBRECARGA POR NIEVE FRESCA:  $40\text{Kg/m}^2$
  - RECUBRIMIENTOS**
  - MORTERO IMPERMEABILIZANTE SIKA:(1:3.1) BOLSA-MORTERO LITROS. MEZCLA PARA  $2\text{M}^2$
  - CUBIERTA POLIURETANO EXPANDIDO EN SPRAY
- NORMA TÉCNICA E.030"Concreto Armado"**

**-NORMA TÉCNICA E.020"Cargas"**

**-NORMA TÉCNICA E.080"Adobe"**

**-ASCE 7-05 "Requisito de diseño para estructuras atípicas"**

**-ACI 549 "Guía para fabricación de ferrocemento"**
- CONTROL DE DERIVAS(ANÁLISIS SÍSMICO ESPECTRAL)**

-DIRECCIÓN X-X:  $0.000345 < 0.007$  ¡CUMPLE!

-DIRECCIÓN Y-Y:  $0.000345 < 0.007$  ¡CUMPLE!

-DIRECCIÓN Z-Z:  $0.0000975 < 0.007$  ¡CUMPLE!

### DOMO MONOLITICO 6mx12m

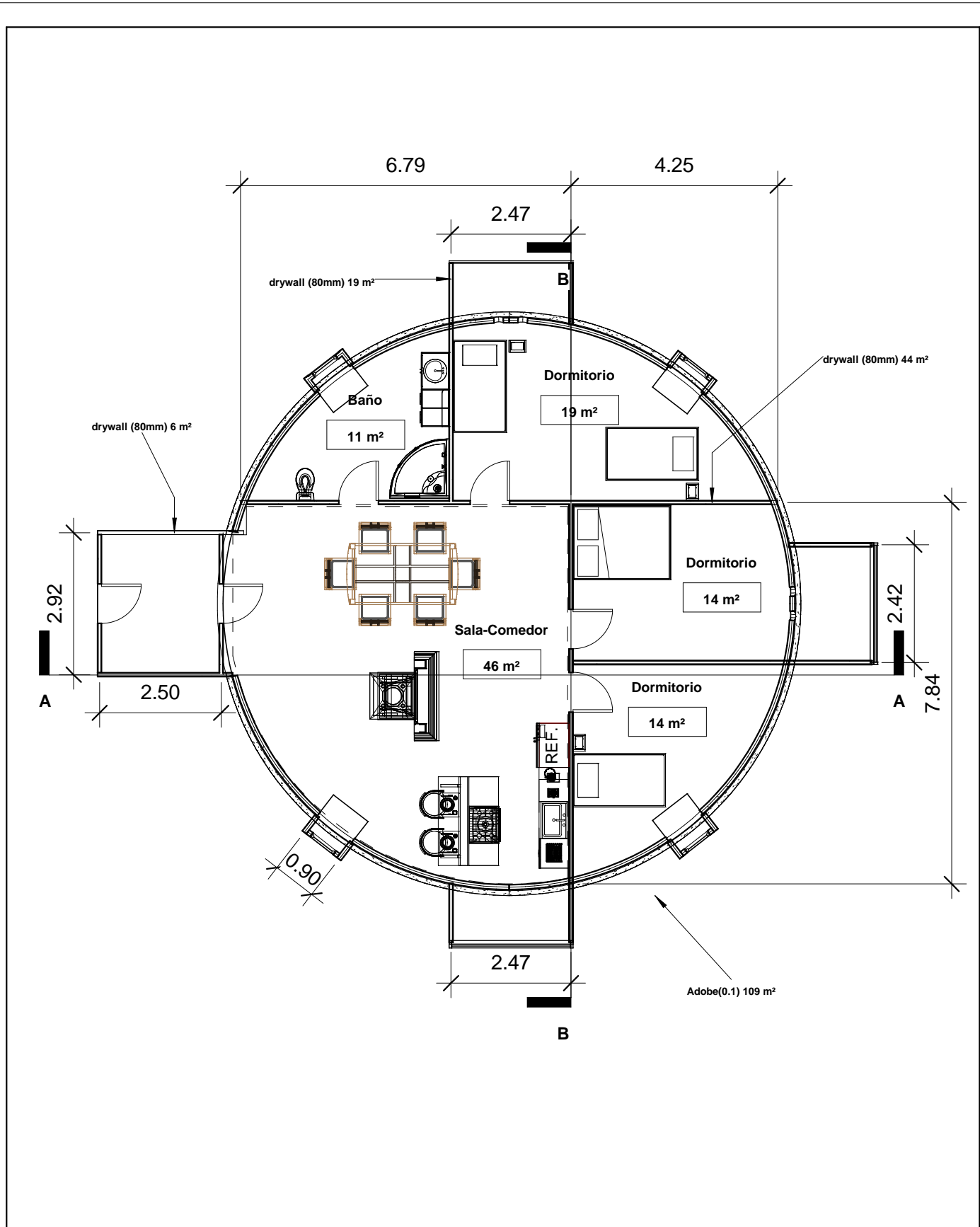
PLANOS: ESTRUCTURAS

AUTOR: BR.LEON CORNEJO MARCOS ISAAC

UBICACIÓN: DEPARTAMENTO: CAJAMARCA  
 PROVINCIA: CAJAMARCA  
 DISTRITO: LA ENCAÑADA

ESCALA: COMO SE INDICA

**ESTR.3**



**Domo Monolitico  
6mx12m**

Leon Cornejo Marcos

**Arquitectura**

Detalle de Planta

**Arqui 01**

Dibujado por Autor

Comprobado por Verificador

Escala 1 : 100





## ALAMBRE GALVANIZADO

### CARACTERISTICAS

- Capa De galvanizado simple.
- Fabricado en acero norma SAE 1006 - 1008 - 1010—1015.
- Posee uniformidad en el diámetro y en el recubrimiento de zinc.

### USOS

- Fabricación de mallas y gaviones.
- Cultivos de flores, hortalizas y frutas.
- Diversas aplicaciones artesanales e industriales.

### VENTAJAS Y BENEFICIOS

- Resistente a la corrosión.
- Uniformidad en el diámetro y en el recubrimiento de zinc.
- Diversidad de aplicaciones.



### ALAMBRE GALVANIZADO

CALIBRE BWG	DIAMETRO (mm)	TOLERANCIA (mm) (+ , -)	CAPA DE ZINC (g/m <sup>2</sup> )	RESISTENCIA TRACCION (kgf/mm <sup>2</sup> )	METROS/ TONELADA Aprox.	PESO APROX. (Kilos)
6	5,16	0.04	60	39-37	6.094	90
8	4,19	0.04	60	39-47	9.242	90
9	3,76	0.04	60	39-47	11.476	90
10	3,40	0.04	80	39-47	14.035	90
11	3,05	0.04	70	39-47	17.442	90
12	2,77	0.04	70	39-47	21.146	90
13	2,41	0.04	60	39-47	27.935	90
14	2,11	0.04	60	39-47	36.443	90
15	1,83	0.04	60	39-47	48.449	90
16	1,65	0.04	60	39-47	59.596	90
18	1,24	0.04	40	39-47	105.486	90

**ALAMBRE GALVANIZADO — Retrefilado**

CALIBRE BWG	DIAMETRO (mm)	TOLERANCIA (mm) (+ , -)	CAPA DE ZINC (g/m <sup>2</sup> )	RESISTENCIA TRACCION (kgf/mm <sup>2</sup> )	METROS/ TONELADA Aprox.	PESO APROX. (Kilos)
14	2,10	0.02	40	50-70	36,779	25
16	1,65	0.02	40	50-70	59,576	25
18	1,25	0.02	40	50-70	103,805	25
20	0,89	0.02	40	50-70	204,767	25

BWG: Birmingham Gauge

Norma NTC No. 2403 Industria Colombiana

## Sika® MiniPack Mortero Impermeabilizante

### Mortero impermeabilizante

<b>Descripción del Producto</b>	Sika® MiniPack Mortero Impermeabilizante es un mortero impermeabilizante monocomponente listo para su empleo con la sola adición de agua.
<b>Usos</b>	Sika® MiniPack Mortero Impermeabilizante está especialmente desarrollado para la impermeabilización y protección de cimentaciones, sótanos, fosos de ascensor y muros parcialmente enterrados. Puede ser aplicado sobre hormigón, mampostería y enfoscados.
<b>Características/Ventajas</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Puede ser aplicado directamente sobre la mayoría de soportes utilizados en contenciones y muros de sótano (mampostería, hormigón, bloques de hormigón etc.).</li> <li>■ Muy buena adherencia.</li> <li>■ Color gris cemento.</li> <li>■ Rápido endurecimiento, tiempos de espera cortos para el reperfilado.</li> <li>■ Buena trabajabilidad.</li> </ul>
<b>Ensayos</b>	
<b>Certificados/Normas</b>	Producto para la protección contra la penetración, control de humedad y aumento de resistencia para estructuras de hormigón según UNE-EN 1504-2:2004 con declaración de prestaciones 01 07 01 01 001 0 000016 1053, con certificado de producción según el cuerpo notificador nº 0099-CPR-B15-0007.
<b>Datos del Producto</b>	
<b>Forma</b>	
<b>Apariencia/Colores</b>	Polvo gris.
<b>Presentación</b>	Bolsas de 2 kg y 5 kg.
<b>Almacenamiento</b>	
<b>Condiciones de almacenamiento/Conservación</b>	12 meses desde su fecha de fabricación en sus envases de origen bien cerrados y no deteriorados en lugar fresco y seco.
<b>Datos Técnicos</b>	
<b>Composición química</b>	Cemento Portland, áridos y aditivos seleccionados.
<b>Densidad</b>	Densidad del mortero fresco: ~ 2,0 kg/l (at+ 20°C).
<b>Granulometría</b>	D <sub>máx.</sub> : 0.3 mm (Según EN 12192-1)
<b>Espesor de capa</b>	mín. 1 mm / máx. 4 mm





## Información del Sistema

### Detalles de Aplicación

**Consumo/Dosificación** Depende de la rugosidad, nivelación superficial y el espesor de capa a aplicar.  
Como guía, ~ 1,8 kg de polvo por mm de espesor.  
1 bolsa de plástico ~ 3.1 l de mortero o cubre 2 m<sup>2</sup>.

**Calidad del soporte** El soporte debe estar estructuralmente sano y libre de toda clase de suciedad, polvo, partículas mal adheridas, lechadas cementosas, aceites, grasas y otros contaminantes etc.

**Preparación del soporte/Imprimación** El hormigón debe prepararse por medios mecánicos tales como chorro de agua a alta presión, aburjado, chorro de arena, martillo, etc..., y adecuadamente prehumedecido hasta obtener un soporte saturado pero no encharcado.

### Condiciones de Aplicación/Limitaciones

**Temperatura del soporte** mín. + 5°C / máx. + 30°C

**Temperatura ambiente** mín. + 5°C / máx. + 30°C

### Instrucciones de Aplicación

**Mezclado** ~ 1,25 l de agua por bolsa de 5 kg.

**Tiempo de mezclado** Sika® MiniPack Mortero Impermeabilizante puede ser mezclado con una batidora eléctrica de baja velocidad (< 500 rpm). También puede ser mezclada a mano en pequeñas cantidades.

Verter el agua en la proporción correcta en un recipiente adecuado. Se debe añadir el producto gradualmente mezclando al menos 3 minutos hasta conseguir una mezcla homogénea.

**Método de aplicación/Herramientas** Sika® MiniPack Mortero Impermeabilizante puede ser aplicado con brocha dura, espátula o llana en 2 o 3 capas.

Cuando la aplicación se realice con brocha se debe variar la dirección de la aplicación en cada capa.

**Limpieza de herramientas** Limpiar todas las herramientas y el equipo de aplicación con agua inmediatamente después de su uso. El material endurecido sólo se podrá eliminar por medios mecánicos.

**Tiempo de espera entre capas/Repintabilidad** ~ 4 horas (a + 20°C)

**Vida de la mezcla** ~ 1 hora y 30 minutos (a + 20°C)

**Notas de aplicación/Límites**

- Evitar la aplicación bajo la acción directa del sol y/o fuerte viento y/o lluvia.
- No añadir más cantidad de agua de la recomendada.
- Aplicar solo sobre soportes sanos y suficientemente preparados.
- Proteger el mortero fresco de la acción de las heladas.

La aplicación en cimentación de Sika® MiniPack Mortero Impermeabilizante no excluye:

- La colocación de una lámina impermeable si el área está por debajo del nivel freático.
- La provisión de un sistema interno de impermeabilización si el área está permanentemente por debajo del nivel freático.
- La instalación de un sistema de drenaje si hay un exceso de entrada de agua.

### Detalles de Curado

**Tratamiento de curado** Proteger el mortero fresco de una deshidratación temprana usando métodos apropiados de curado.

**Producto aplicado listo para su uso** El tiempo de espera para recubrirlo variará en función de la temperatura y de la humedad relativa.

~ 3 días a 20°C

~ 7 días a 5°C

<b>Notas</b>	Todos los datos técnicos indicados en estas Hojas de Datos de Producto están basados en ensayos de laboratorio. Las medidas reales de estos datos pueden variar debido a circunstancias más allá de nuestro control.
<b>Instrucciones de Seguridad e Higiene</b>	Para cualquier información referida a cuestiones de seguridad en el uso, manejo, almacenamiento y eliminación de residuos de productos químicos, los usuarios deben consultar la versión más reciente de la Hoja de Seguridad del producto, que contiene datos físicos, ecológicos, toxicológicos y demás cuestiones relacionadas con la seguridad.
<b>Notas Legales</b>	Esta información y, en particular, las recomendaciones relativas a la aplicación y uso final del producto, están dadas de buena fe, basadas en el conocimiento actual y la experiencia de Sika de los productos cuando son correctamente almacenados, manejados y aplicados, en situaciones normales, dentro de su vida útil, de acuerdo a las recomendaciones de Sika. En la práctica, las posibles diferencias en los materiales, soportes y condiciones reales en el lugar de aplicación son tales, que no se puede deducir de la información del presente documento, ni de cualquier otra recomendación escrita, ni de consejo alguno ofrecido, ninguna garantía en términos de comercialización o idoneidad para propósitos particulares, ni obligación alguna fuera de cualquier relación legal que pudiera existir. El usuario de los productos debe realizar las pruebas para comprobar su idoneidad de acuerdo al uso que se le quiere dar. Sika se reserva el derecho de cambiar las propiedades de sus productos. Los derechos de propiedad de terceras partes deben ser respetados. Todos los pedidos se aceptan de acuerdo a los términos de nuestras vigentes Condiciones Generales de Venta y Suministro. Los usuarios deben de conocer y utilizar la versión última y actualizada de las Hojas de Datos de Productos local, copia de las cuales se mandarán a quién las solicite, o también se puede conseguir en la página «www.sika.es».



**OFICINAS CENTRALES  
Y FABRICA**

Madrid 28108 - Alcobendas  
P. I. Alcobendas  
Carretera de Fuencarral, 72  
Tels.: 916 57 23 75  
Fax: 916 62 19 38

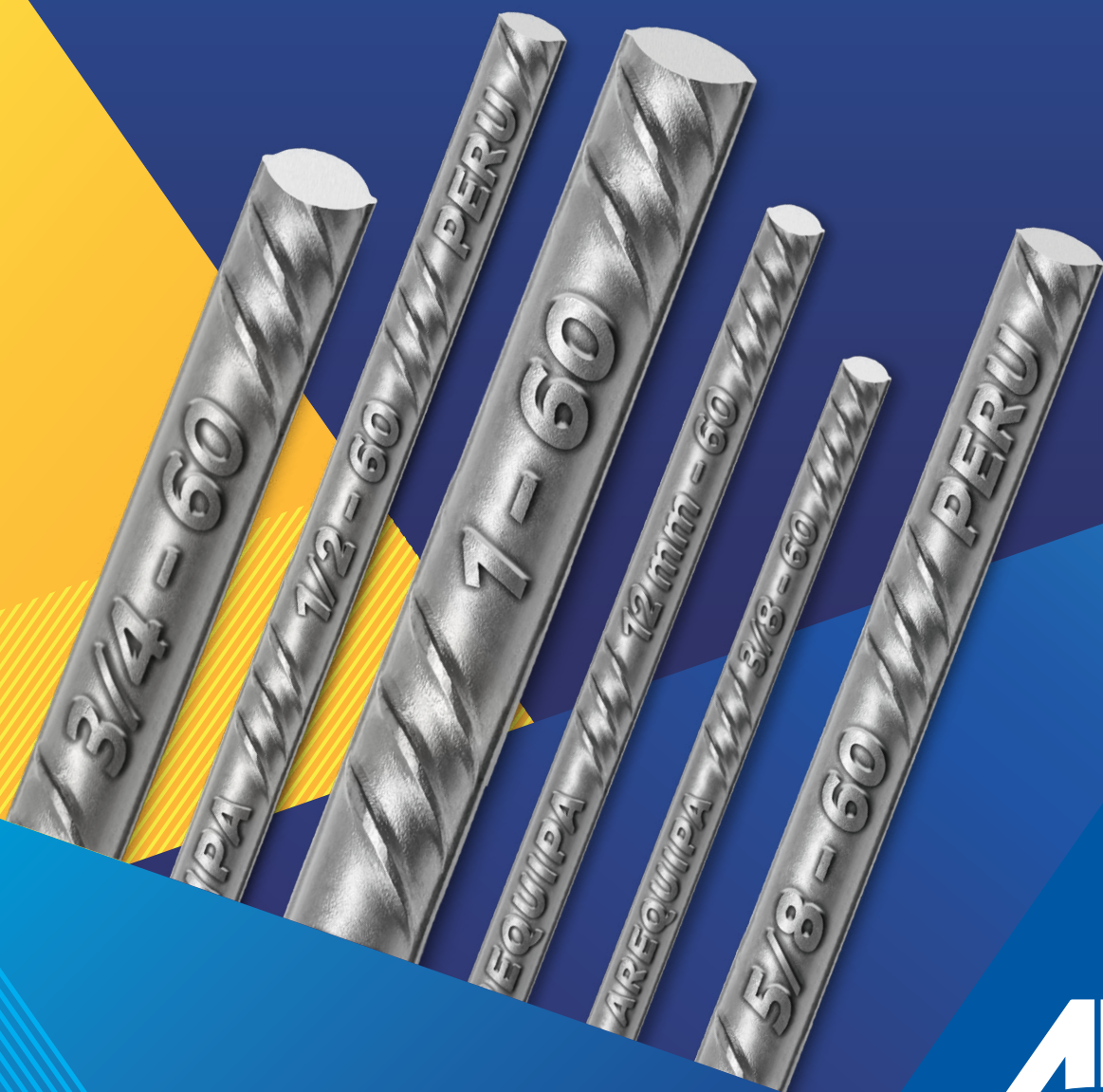
**OFICINAS CENTRALES  
Y CENTRO LOGÍSTICO**

Madrid 28108 - Alcobendas  
P. I. Alcobendas  
C/ Aragoneses, 17  
Tels.: 916 57 23 75  
Fax: 916 62 19 38



# Fierro Corrugado

ASTM A615-GRADO 60  
NTP 341.031-GRADO 60



**ACEROS  
AREQUIPA**

Elige Seguridad

# Fierro Corrugado

## ASTM A615-GRADO 60 / NTP 341.031-GRADO 60

### DENOMINACIÓN:

Fierro Corrugado ASTM A615-Grado 60 / NTP 341.031-Grado 60.

### DESCRIPCIÓN:

Barras de acero rectas de sección circular, con resaltes Hi-bond de alta adherencia con el concreto.

### USOS:

Se utiliza en la construcción de edificaciones de concreto armado de todo tipo: en viviendas, edificios, puentes, obras industriales, etc.

### NORMAS TÉCNICAS:

Composición Química, Propiedades Mecánicas y Tolerancias dimensionales:

- ASTM A615 Grado 60.
- Norma Técnica Peruana NTP 341.031:2018 Grado 60.
- Reglamento Nacional de Edificaciones del Perú.

### PRESENTACIÓN:

Se produce en barras de 9 m y 12 m de longitud en los siguientes diámetros: 6 mm, 8 mm, 3/8", 12 mm, 1/2", 5/8", 3/4", 1" y 1 3/8". Previo acuerdo, se puede producir en otros diámetros y longitudes requeridos por los clientes.

Se suministra en paquetes de 2 toneladas y en varillas.

### DIMENSIONES Y PESOS NOMINALES:

DIÁMETRO DE BARRA		SECCIÓN (mm <sup>2</sup> )	PERÍMETRO (mm)	PESO MÉTRICO NOMINAL (kg/m)
Pulg.	mm			
-	6	28	18.8	0.222
-	8	50	25.1	0.395
3/8	-	71	29.9	0.560
-	12	113	37.7	0.888
1/2	-	129	39.9	0.994
5/8	-	199	49.9	1.552
3/4	-	284	59.8	2.235
7/8	-	387	69.8	3.042
1	-	510	79.8	3.973
1 3/8	-	1,006	112.5	7.907

### PROPIEDADES MECÁNICAS:

Límite de Fluencia (fy) = 420 MPa (4,280 kg/cm<sup>2</sup>) mínimo  
Resistencia a la Tracción (R) = 620 MPa (6,320 kg/cm<sup>2</sup>) mínimo  
Relación R/fy ≥ 1.25  
Alargamiento en 200 mm:  
Diámetros:

6 mm ..... = 11% mínimo  
8 mm, 3/8", 12 mm, 1/2", 5/8" y 3/4" ..... = 14% mínimo  
1" ..... = 12% mínimo  
1 3/8" ..... = 12% mínimo  
Doblado a 180° = Bueno en todos los diámetros.

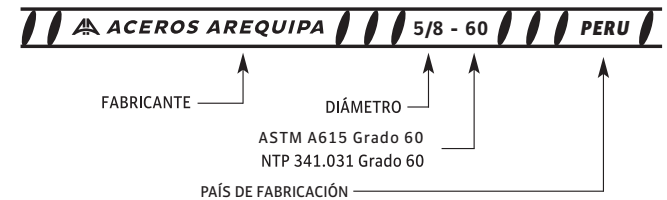
Los diámetros de doblado especificados por las Normas Técnicas para la prueba de doblado son:

DIÁMETRO BARRA (d)	6 mm	8 mm	3/8"	12 mm	1/2"	5/8"	3/4"	1"	1 3/8"
DIÁMETRO DOBLADO	3d	3d	3d	3d	3d	3d	5d	5d	7d
mm	18	24	28.6	36	38.1	47.6	95.3	127.0	244.5

"d" - se considera el diámetro nominal de la barra establecido por la norma ASTM A615

### IDENTIFICACIÓN:

Los fierros son identificados por marcas de laminación en alto relieve que indican el fabricante, el diámetro y el grado del acero.



QCQA01-F100-06/ABR19



CERTIFICATE N° 57219



CERTIFICATE N° 57220



CERTIFICATE N° 57221

### CERTIFICACIÓN Y ACREDITACIÓN:

Las barras de Aceros Arequipa son las únicas exclusivamente fabricadas en el Perú. La certificación de calidad se sustenta en las pruebas y ensayos efectuados en nuestro laboratorio acreditado ante el Instituto Nacional de Calidad del Perú (INACAL).

**Lima:** Av. Antonio Miró Quesada N° 425 Piso 17, Magdalena del Mar. Tel. (51-01) 517 1800.

**Pisco:** Panamericana Sur Km 240, Ica. Tel. (51-056) 58 0830.

**Arequipa:** Variante de Uchumayo km 5.5, Cerro Colorado, Arequipa, Arequipa. Tel. (51-01) 517 1800.

**La Paz:** Av. Hilbo N° 100. Zona El Kenko. Tel. (591) 75555819/ 77641658.

E-mail: [contactobolivia@caa.com.bo](mailto:contactobolivia@caa.com.bo)

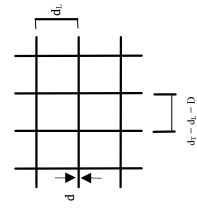
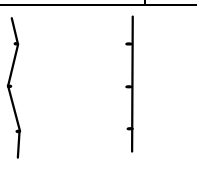
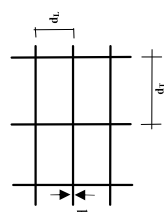
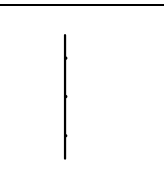
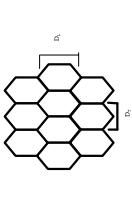
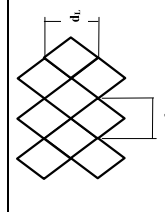
**Santa Cruz:** Urb. Parque Industrial Latinoamericano, Unidad Industrial UI 06,

Mz. 1, Lote 4 - Warnes. Tel. (591) 75555819 / 77303688. E-mail: [contactobolivia@caa.com.bo](mailto:contactobolivia@caa.com.bo)

Encuétranos en: [www.acerosarequipa.com](http://www.acerosarequipa.com)

# ACEROS AREQUIPA

Tabla 4. Tipos y tamaños de mallas acero comúnmente usados en fabricación de ferrocemento (ACI 549)

Tipo	Forma		Fabricación	Denominación, medida	Espaciamiento de alambre		Diámetro del alambre o espesor de la malla	
	Configuración	Empalmes			in	mm	in	mm
De alambre	Cuadrada			$\frac{3}{4} \times \frac{3}{4}$ N° 16	$\frac{3}{4}$ $\frac{1}{2}$ $\frac{1}{3}$ $\frac{1}{4}$	19,0 13 8,5 6,4	0,0630 0,0410 0,0286 0,0250	1,60 1,00 0,72 0,64
	Rectangular			2 x 1 N° 14	2 x 1	50 x 25	0,0800	2,00
De metal expandido o desplegado	Hexagonal		Retorcida	1 N° 18 1 N° 20 $\frac{1}{2}$ N° 22	1 1 $\frac{1}{2}$	25,0 25,0 13,0	0,0475 0,0348 0,0286	1,20 0,88 0,72
	Diamante		Cortando una hoja delgada de metal desplegado para hacer aberturas en forma de diamante	3,4 lb/yard <sup>2</sup> Gage N° 18 Gage N° 20			0,0230 0,0400 0,0300	0,58 1,00 0,76