

# UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO



## FACULTAD DE INGENIERÍA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

“Proyecto de Investigación previo a la obtención del Título de Ingeniero Civil”

### TRABAJO DE TITULACIÓN

TÍTULO DEL PROYECTO:

**“MATERIALES Y MÉTODOS CONSTRUCTIVOS PARA LA FABRICACIÓN DE  
UN HORNO EN LA PRODUCCIÓN DE CAL EN LA PROVINCIA DE  
CHIMBORAZO”**

#### **Autores:**

Guevara Fiallos Gissel Alejandra

Medina Yépez Oscar Stalyn

#### **Tutor:**

Ing. Javier Palacios.

**Riobamba – Ecuador**

**Año 2021.**

## REVISIÓN

Los miembros del Tribunal de Graduación del proyecto de Investigación de título: “MATERIALES Y MÉTODOS CONSTRUCTIVOS PARA LA FABRICACIÓN DE UN HORNO EN LA PRODUCCIÓN DE CAL EN LA PROVINCIA DE CHIMBORAZO” presentado por **Guevara Fiallos Gissel Alejandra y Medina Yépez Oscar Stalyn** dirigido por: Ing. Javier Palacios. Una vez escuchada la defensa oral y revisado el informe final Proyecto de investigación con fines de graduación escrito en el cual se ha constatado el cumplimiento de las observaciones realizadas, remite la presente para uso y custodia en la biblioteca de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Chimborazo.

Para constancia de lo expuesto firman:

Ing. Javier Palacios.

**Director del Proyecto**



Firmado electrónicamente por:  
**MARCO JAVIER  
PALACIOS  
CARVAJAL**

.....

Firma

Ing. Luis Villafuerte.

**Miembro del Tribunal**



Firmado electrónicamente por:  
**LUIS ENRIQUE  
VILLAFUERTE  
BERMUDEZ**

.....

Firma

Dr. Víctor García

**Miembro del Tribunal**



Firmado electrónicamente por:  
**VÍCTOR  
JULIO**

.....

Firma

## CERTIFICACIÓN DEL TUTOR

Yo, **Ing. Javier Palacios**; en calidad de tutor de Tesis, cuyo tema es: “MATERIALES Y MÉTODOS CONSTRUCTIVOS PARA LA FABRICACIÓN DE UN HORNO EN LA PRODUCCIÓN DE CAL EN LA PROVINCIA DE CHIMBORAZO”, CERTIFICO; que el informe final del trabajo investigativo, ha sido revisado y corregido, razón por la cual autorizo a los señores **Guevara Fiallos Gissel Alejandra y Medina Yopez Oscar Stalyn**, para que se presente ante el tribunal de defensa respectivo para que se lleve a cabo la sustentación de la Tesis.

Atentamente.



Firmado electrónicamente por:  
**MARCO JAVIER  
PALACIOS  
CARVAJAL**

.....

Ing. Javier Palacios.

**TUTOR DE TESIS**

## AUTORÍA DE LA INVESTIGACIÓN

La responsabilidad del contenido de este Proyecto de Graduación  
corresponde exclusivamente a: Gissel Alejandra Guevara Fiallos  
y Oscar Stalyn Medina Yépez.



.....

Srta. Gissel Alejandra Guevara Fiallos

C.I. 1804269403



.....

Sr. Oscar Stalyn Medina Yépez

C.I. 0604203158

### ***Agradecimiento.***

*Agradezco a Dios por amarme primero, por ser mi  
cimiento.*

*A mis padres Marlene y Patricio que me han llenado  
de amor y fortaleza para salir adelante y cumplir  
todos los sueños que he tenido y más. Por su  
provisión y apoyo en cada etapa de mi vida, por ser  
siempre mi refugio en las dificultades.*

*A mis hermanos Julio y Génesis que han compartido  
su vida conmigo, por su alegría por su amor y su  
paciencia.*

*A mi familia porque me han dado todos los  
principios para ser una mujer de bien. En especial  
mi abuelita que me apoyo cuando más lo necesitaba.*

*A mis docentes que compartieron sus conocimientos  
de esta maravillosa carrera, a mis amigos que día a  
día estuvieron en este largo camino.*

*A mi tutor de tesis que con su tiempo y  
conocimientos hizo posible la realización de este  
proyecto de investigación.*

*Gissel Alejandra Guevara Fiallos.*

***Dedicatoria.***

*Este título es para mis padres por ser mi ejemplo, a mis hermanos por ser mis compañeros, a mi familia y muy especialmente a mi hija Julieth que es la luz y el motor de mi vida.*

*A mi querida Universidad Nacional de Chimborazo.*

*Gissel Alejandra Guevara Fiallos.*

## ***Agradecimiento***

*A Dios, por sostenerme siempre en cada momento de mi vida.*

*De manera muy especial a mi madre, Carmita Yépez,*

*que con amor y esfuerzo*

*nos ha entregado lo mejor de sí, para salir adelante.*

*A mi padre, Milton Medina, por su don de gente y*

*servicial que siempre lo ha caracterizado.*

*A mis hermanos, Danny y Francisco,*

*quienes han velado por mí, en las buenas y*

*mucho más en las malas,*

*siempre he podido contar con ellos.*

*A mi tío, Danilo Yépez Oviedo, por creer en mí,*

*por siempre estar pendiente*

*y ser como un segundo papá.*

*A Sussy Coterá, por apoyarme y velar por nuestros hijos.*

*A Don Hernán Hernández por su apoyo.*

*A mi tutor, Ing. Javier Palacios, por su gran aporte al*

*desempeño de esta investigación.*

*A mis amigos, quienes me han*

*acompañado en este caminar universitario.*

*Óscar Stalyn Medina Yépez.*

***Dedicatoria.***

*A Dios porque sin Él, nada sería posible.*

*Con mucho amor a mi abuelita Laura Oviedo,*

*sé que siempre estará orgullosa de mi.*

*A mis padres, Carmita Yépez y Milton Medina*

*por no desmayar y apoyarme en mis decisiones.*

*A mis hermanos Danny y Francisco,*

*mi soporte, unión y fuerza.*

*A mi inspiración de cada día desde su existencia,*

*mis hijos, Sophia y Samuel,*

*lo mejor de mi vida, siempre.*

*A mi tío Moisés Fierro Oviedo,*

*a quien admiraré toda la vida.*

*Con cariño.!*

*Lo logramos.!*

*Óscar Stalyn Medina Yépez.*

## CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS.....	X
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	X
I.- INTRODUCCIÓN.....	1
II.- OBJETIVOS.....	2
II.I.- Objetivo General.....	2
II.II.- Objetivos Específicos.....	2
CAPITULO I.- FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA.....	3
1. PIEDRA CALIZA.....	3
1.1. CLASIFICACIÓN DE LA PIEDRA CALIZA.....	3
1.2. LA CAL.....	7
1.2.1. TIPOS DE CAL.....	7
1.2.2. USOS DE LA CAL Y SUS DERIVADOS.....	8
1.3. PROCESO DE OBTENCIÓN DE CAL.....	13
1.4. TIPOS DE TRITURACION.....	15
1.5. TIPOS DE HORNOS.....	15
1.5.1. Hornos Rotatorios.....	15
1.5.2. Hornos Verticales.....	16
CAPITULO II.-METODOLOGÍA.....	19
2.1.- Descripción de la edificación.....	19
2.2. - Esquema metodológico.....	21
2.3.- Proceso de la metodología.....	21

CAPITULO III.- RESULTADOS Y ANÁLISIS.....	22
3.1 Encuesta y Entrevista.....	22
3.2. Configuración Estructural.....	25
3.2.1. Configuración Estructural Inicial.....	26
3.2.2. Configuración Estructural Propuesta. ....	27
4.CONCLUSIONES.....	32
6. BIBLIOGRAFIA.....	33
7. ANEXOS.....	34

## ÍNDICE DE TABLAS.

<i>Tabla 1. Características Físicas de la Piedra Caliza</i> .....	5
<i>Tabla 2. Concesiones de Caliza en el Ecuador.</i> .....	6
<i>Tabla 3. Análisis Químico de la Influencia del Carbonato de Calcio en la Industria Alimenticia Animal.</i> .....	10
<i>Tabla 4. Tipos de Trituración para Obtención de Diferentes tipos de Cal</i> .....	15
<i>Tabla 5. Combustibles usados y sus características</i> .....	17
<i>Tabla 6. Resultados de la Entrevista dirigida a Clientes</i> .....	22
<i>Tabla 7. Resultados de la Entrevista dirigida a Productores</i> .....	23
<i>Tabla 8. Resultados de la Entrevista dirigida a Constructores</i> .....	23
<i>Tabla 9. Cantidad de Ladrillo Mambrón para el Horno.</i> .....	25
<i>Tabla 10. Cantidad de Piedra Volcánica para el Horno.</i> .....	25
<i>Tabla 11. Cantidad de Ladrillo Refractario (Cámara de Cocción)</i> .....	26
<i>Tabla 12. Cantidad de Ladrillo Refractario (Arco Cámara Cocción)</i> .....	26
<i>Tabla 13. Cantidad de materiales (sin el 5%) y sus Pesos Específicos.</i> .....	26
<i>Tabla 14. Control de Excentricidades Confíg. Est. Propuesta (ETABS 18 y EXCEL 2016)</i> ...	30

## ÍNDICE DE FIGURAS.

<i>Figura 1. Clasificación según su Origen (Piedra Caliza)</i> .....	4
<i>Figura 2. Clasificación según su composición química (Piedra Caliza)</i> .....	4
<i>Figura 3. Tipos de Cal.</i> .....	8
<i>Figura 4 Proceso de obtención de Cal (flujograma)</i> .....	14
<i>Figura 5. Tipos de Horno (Horno Horizontal)</i> .....	16
<i>Figura 6. Horno Vertical Unifilar modelado en REVIT (2020)</i> .....	18
<i>Figura 7. Construcción de Horno Vertical Gemelo.</i> .....	18

<i>Figura 8 Plan de desarrollo del proyecto (estructura desglosada del trabajo).</i> .....	21
<i>Figura 9. Configuración Estructural Propuesta.</i> .....	28
<i>Figura 10. Secciones propuestas (ETABS 18)</i> .....	28
<i>Figura 11. Modos de Vibración Conf. Estructural Propuesta (ETABS 18)</i> .....	29
<i>Figura 12. Diag. de Interacción y Evaluación de la carga crítica (Sentido XX)</i> .....	30
<i>Figura 13. Diag. Interacción y Evaluación de la carga crítica (Sentido YY)</i> .....	31
<i>Figura 14. Valores, Control de Nudo Rígido (ETABS 18).</i> .....	31
<i>Figura 15. Control de Diseño (ETABS 18)</i> .....	32

### **ÍNDICE DE ANEXOS.**

Anexo 1. Ubicación, Concesión Minera Shobol. ....	34
Anexo 2. Ubicación, Concesión Minera Ganquis. ....	35
Anexo 3. Ubicación, Concesión Minera Perla del Pacífico. ....	35
Anexo 4. Ubicación, Concesión Minera Selva Alegre. ....	36
Anexo 5. Ubicación, Concesión Minera CECAL.....	36
Anexo 6. Ubicación, Concesión Minera Gretha Piedad. ....	37
Anexo 7. Modelo de Entrevista dirigida al Cliente. ....	38
Anexo 8. Modelo de Encuesta dirigida a los Productores.....	39
Anexo 9. Modelo de Encuesta dirigida a los Constructores.....	40
Anexo 10. Modelo de Encuesta dirigida a los productores de cal.....	41
Anexo 11. Modelo de Encuesta dirigida a los constructores artesanales .....	42
Anexo 12. Desarrollo Encuesta a los productores de cal .....	43
Anexo 13. Desarrollo de Encuesta dirigida a los Constructores artesanales.....	50
Anexo 14. Cálculo del Total de Ladrillo Mambrón en Excel. ....	52
Anexo 15. Cálculo del total de Piedra Volcánica en Excel. ....	53

Anexo 16. Cálculo del total de Ladrillo Refractario (Cámara de Cocción) en Excel. ....	53
Anexo 17. Cálculo del total de Refractario (Arco de la Cámara de Cocción) en Excel.	
Elaborado por: Guevara, Medina 2021 .....	53
Anexo 18. Cálculo de la Carga Muerta mediante Excel.....	54
Anexo 19. Secciones del modelo Inicial consideradas en ETABS 18 02. ....	54
Anexo 20. Combinaciones de carga según NEC-SE-CG-Cargas-Sísmicas (Cap. 3.4)	
Elaborado por: Guevara, Medina 2021 .....	55
Anexo 21. Periodo de Vibración de la Estructura Inicial (ETABS 2018).....	55
Anexo 22. Tabla de Derivas de Piso (ETABS 2018 y EXCEL 2016). ....	59
Anexo 23. Tabla de Centros de Masas y Rigideces (ETABS 2018 y EXCEL 2016). ....	59
Anexo 24. Tabla de las Condiciones del Lugar donde se desarrolló la Config. Inicial. ....	60
Anexo 25. Espectro Elástico e Inelástico (EXCEL 2016).....	61
Anexo 26. Control de Derivas de Piso de la Config. Estructural Propuesta (EXCEL 2016)...	65
Anexo 27. Tabla, Datos para Diagrama de Interacción (Sentido XX).....	65
Anexo 28. Tabla, Datos para el Diagrama de Interacción (Sentido YY). ....	66
Anexo 29. Arco primario abovedado de la Cámara de Cocción. ....	66

## **RESUMEN:**

En nuestro país la industria se ha centralizado en ciertas provincias de manera considerable como en Guayas, Pichincha, Tungurahua, Manabí, dejando de lado a una de las provincias que fue cuna de la República como lo es Chimborazo; en donde se está desarrollando la industria calera de manera artesanal debido a la ausencia de investigación para un desarrollo que garantice un desempeño óptimo, pero que no se puede dejar de lado por el impacto de la caliza en muchos sectores. La importancia de conocer los materiales y métodos constructivos para la fabricación de un horno de producción de cal parte de la necesidad en su aplicación para diferentes industrias como la construcción, alimentación, minería, agricultura, metalurgia, industria química, etc. Es por lo que en este trabajo de investigación se determinaron los materiales empleados, siendo los más comunes ladrillo, varilla corrugada, malla electrosoldada y no tan comunes como ladrillo refractario, cemento refractario, melaza y greda para la fabricación de un horno en la producción de cal. En cuanto a métodos constructivos se evaluó el modelo de construcciones artesanales que se han venido desarrollando hasta la actualidad encontrando falencias en su estructura, por lo cual se propone un modelo ergonómico el cual cumple normas de seguridad regidas por la Normativa de nuestro país (NEC), respetando la filosofía sismorresistente. Este modelo nos permitió determinar una línea base de producción de 225 kg/h siendo rentable con la demanda en el mercado actual; si la producción es  $\leq 150$  kg/h el propietario no obtendría rentabilidad en la comercialización. Este proyecto nos deja como nicho de investigación evaluar los materiales mencionados en la obtención de otros productos como ladrillos refractarios y materiales que puedan remplazarlos o en la elaboración de hornos para eliminación de desechos infecciosos o residuos peligrosos. Adicional, se podría realizar análisis ambientales buscando una sustentabilidad en el diseño.

**Palabras clave:** cal, construcción, horno, modelo, producción.

## **ASBTRACT:**

In our country, the industry has been centralized in certain provinces in a considerable way, such as Guayas, Pichincha, Tungurahua, Manabí, leaving aside one of the provinces that were the cradle of the Republic, such as Chimborazo; where the limestone industry is developing in an artisanal way due to the absence of research for a development that guarantees optimal performance, but that cannot be ignored due to the impact of limestone in many sectors. The importance of knowing the materials and construction methods for the manufacture of a lime production furnace stems from the need in its application for different industries such as construction, food, mining, agriculture, metallurgy, chemical industry, etc. In this research work, the materials used were determined, the most common being brick, corrugated rods, electro-welded mesh, and not so common brick such as refractory, refractory cement, molasses, and clay for the manufacture of a kiln in the production of lime. Regarding construction methods, the model of artisanal constructions that have been developed to date was evaluated, finding flaws in their structure, for which an ergonomic model is proposed which complies with safety standards governed by the Regulations of our country (NEC), respecting the earthquake-resistant philosophy. This model will not determine a production basis of 225 kg / h being profitable with the demand in the current market; if the production is  $\leq 150$  kg / h the owner would not obtain profitability in the commercialization. This project allows us as a research niche to evaluate the materials mentioned in obtaining other products such as refractory bricks and materials that can replace them or in the development of furnaces for the elimination of infectious waste or hazardous waste. Additionally, environmental analyzes could be carried out looking for sustainability in the design.

**Keywords:** lime, construction, kiln, model, production.



Firmado electrónicamente por:  
**DANILO RENEE**  
**YEPEZ OVIEDO**

Reviewed by:  
Danilo Yèpez Oviedo  
English professor UNACH

## **I.- INTRODUCCIÓN.**

La construcción de hornos de cal en el Ecuador y principalmente en los cantones de la provincia de Chimborazo se han venido desarrollando de manera artesanal, sin una base estructural definida y probada que brinde seguridad constructiva a los productores. La base de la producción de cal viene dada de acuerdo con el número de carretillas producidas por hora, este cálculo se maneja de forma empírica y de acuerdo con el constructor, generando como problema, la incertidumbre de producción debido al dimensionamiento y materiales de un horno comparado con otro.

Los materiales empleados en la construcción de dichos hornos han sido elegidos en base a la experiencia de los constructores artesanales, la falta de conocimiento técnico interviene directamente en los costos, que muchas veces son elevados, por lo tanto, alargan los plazos de construcción, sin embargo, cabe resaltar que la demanda de cal es alta para diversas industrias por lo que se propone un diseño y prototipo óptimo que permita el desarrollo empresarial de las caleras.

Es por ello, que en esta investigación se resalta como objetivo el desarrollar una evaluación y análisis de los materiales y métodos constructivos para la fabricación de un horno en la producción de cal, capaz de cumplir parámetros sustentables y ergonómicos en cuanto al modelo, permitiendo tener una línea base para futuras propuestas enfocadas en la seguridad estructural, finalmente para buscar un enfoque social, económico y ambiental en la elaboración de hornos de cal.

## **II.- OBJETIVOS.**

### **II.I.- Objetivo General.**

Determinar los materiales y métodos constructivos óptimos para la fabricación de un horno en la producción de cal.

### **II.II.- Objetivos Específicos.**

- Determinar los materiales adecuados para la construcción de horno de cal.
- Establecer un modelo ergonómico y sustentable de horno para producción de cal.
- Determinar una línea base que establezca una producción regular.
- Realizar el prototipo en base al diseño establecido.
- Análisis costo beneficio de la investigación.

## **CAPITULO I.- FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA.**

En el medio actual, la cal en sus diferentes presentaciones tiene diferentes usos, es fundamental conocerlos para tener una idea de la importancia de este producto en la industria, su procedencia, obtención y proceso de producción para los diferentes tipos existentes y sus funciones en varios sectores como la construcción, el petróleo, la alimentación, la agroindustria, entre otros; para detallar sus aplicaciones debemos conocer de donde proviene y como se obtiene la cal y sus derivados.

### **1. PIEDRA CALIZA.**

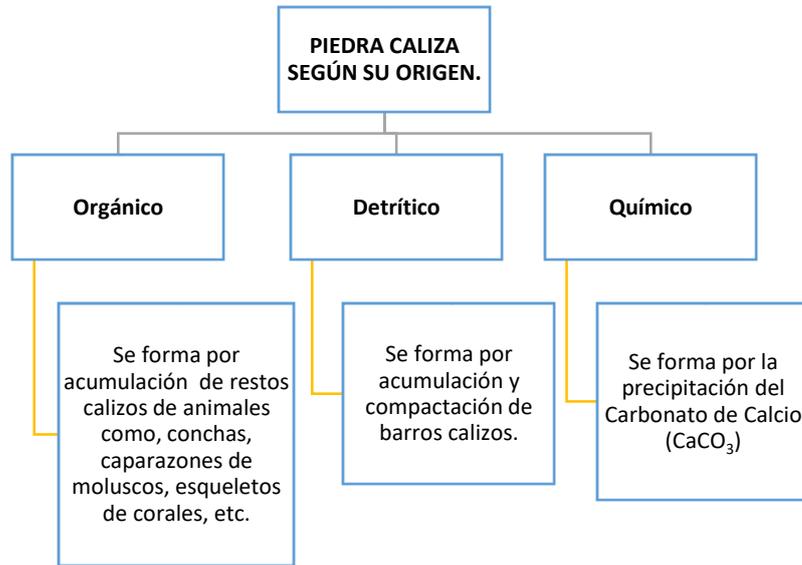
Se define como piedra caliza a una roca sedimentaria conformada por carbonatos de calcio (siendo el más abundante), magnesio y ciertas impurezas que dependen del sitio de donde se las extrae.

La producción de piedra caliza es la primera de toda la producción de minerales con una participación del 58%, y ocupa el cuarto lugar después del petróleo, el gas natural y el carbón como valor de mercado. Las piedras calizas tienen un papel importante en el sector de la construcción porque no son muy duras, se pueden procesar fácilmente y se pueden encontrar en casi todas partes. Se puede utilizar como sólido, como mampostería, como piedra de revestimiento, como bloque de carreteras, como piedra triturada y como agregado. (Kara, 2021)

#### **1.1. CLASIFICACIÓN DE LA PIEDRA CALIZA.**

Destacan dos tipos de clasificación de la piedra caliza, según su origen, composición y características tanto química como físicas.

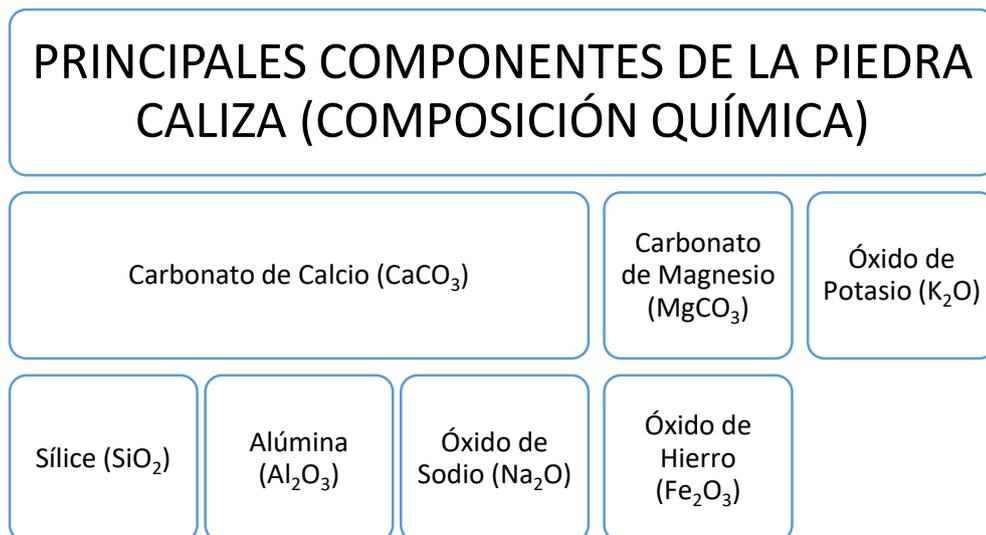
### 1.1.1. Según su origen.



*Figura 1. Clasificación según su Origen (Piedra Caliza)*

### 1.1.2. Según su composición Química.

Varios son los componentes químicos que integran la caliza, de donde se destaca en porcentaje representativo la presencia de carbonato de calcio y magnesio.



*Figura 2. Clasificación según su composición química (Piedra Caliza)*

### 1.1.3. Según sus características Físicas.

Se destacan en la industria dos tipos de calizas, según su alto contenido de calcio y las calizas dolomíticas, en donde las primeras destacan entre un 97 y 99% de carbonato de calcio y las segundas contienen entre un 40 y 43% de magnesita, en particular, los dos tipos conservan un porcentaje de impurezas entre el 1% y 3%.

Para esta clasificación se destaca en cuanto a los porcentajes de carbonatos, impurezas, etc. generalmente presentes en la piedra caliza.

*Tabla 1. Características Físicas de la Piedra Caliza*

<b>CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE LA PIEDRA CALIZA.</b>				
<b>Porosidad</b>	<b>Dureza (Moh's)</b>	<b>Gravedad Específica</b>	<b>Densidad (kg/m<sup>3</sup>)</b>	<b>Coloración</b>
<b>0.3% - 12%</b>	2 - 4	2.65 – 2.75	2000 - 2800	Gris – color canela

*Fuente: SPIROPULOS J. Small Scale Production of Lime for Building.*

De las características físicas que se destacan, es importante ver su influencia en el procesamiento como en ejemplo se menciona a la porosidad, la cual, al presentarse en un porcentaje alto con relación a la tabla mostrada anteriormente, en el proceso de calcinación se obtendría cal viva mucho más reactiva.

## 1.2. MINAS DE PIEDRA CALIZA EN NUESTRO PAIS

Las minas que se han considerado para nuestra investigación tienen en su mayoría un control y regulación por parte de las entidades de nuestro país y otras se encuentran realizando su proceso regulatorio, debido a que hemos considerado importante el tema de cuidado ambiental, ya que al ser una actividad minera se presentan varios inconvenientes de trascendental cuidado para el mismo.

**Tabla 2. Concesiones de Caliza en el Ecuador.**

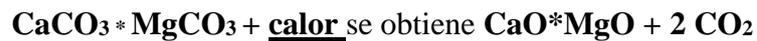
CONCESIONES MINERAS EN ECUADOR							
No.	Nombre	Ubicación			Latitud	Longitud	Observación
		Provincia	Cantón	Parroquia			
1	Mina "SHOBOL"	Chimborazo	Riobamba	San Juan	1° 35' 24.35" (S)	78° 48' 2.30" (O)	Anexo 1
2	Mina "GANQUIS"	Chimborazo	Riobamba	San Juan	1° 34' 2.65" (S)	78° 52' 30.51" (O)	Anexo 2
3	Mina "PERLA DEL PACÍFICO"	Guayas	Gral. Villamil	San Antonio	2° 32' 18.40" (S)	80° 24' 4" (O)	Anexo 3
4	Mina "DECAL"	Guayas	Guayaquil	Chongón	--	--	Km 13.5 Vía a la Costa
5	Mina "CENACA"	Guayas	Guayaquil	San Eduardo	--	--	Km 7.5 Vía a la Costa
6	Mina "A GUAY EL HUAICO"	Guayas	Guayaquil	San Eduardo	--	--	Km 7.5 Vía a la Costa
7	Mina "A GUAY AMPLIACIÓN PRECÓN"	Guayas	Guayaquil	San Eduardo	--	--	Km 7.5 Vía a la Costa
8	Mina "PREGRANSA - TERRAPLEN"	Guayas	Guayaquil	Tarqui	--	--	Km 14.5 Vía Alborada - Pascuales
9	Mina "FRAGA"	Guayas	Guayaquil	Tarqui	--	--	Km 12.5 Vía a la Costa
10	Mina " LA LORENA "	Guayas	Guayaquil	Tarqui	--	--	Lotización Torres del Salado
11	Mina "VERDÚ"	Guayas	Guayaquil	Tarqui	--	--	Verdú 1
12	Mina "SELVA ALEGRE"	Imbabura	Otavalo	Selva Alegre	0° 16' 36.37" (N)	78° 32' 30.67" (O)	Anexo 4
13	Mina "CECAL" (MOCORAL)	Imbabura	Otavalo	Selva Alegre	0° 15' 24.81" (N)	78° 33' 28.99" (O)	Anexo 5
14	Mina "GRETHA PIEDAD" (UNACEM)	Morona Santiago	Santiago de Méndez	Yucal	2° 41' 29.35" (S)	78° 19' 40.24" (O)	Anexo 6

*Elaborado por: Guevara, Medina 2021*

## 1.2. LA CAL

Se obtiene de la calcinación de la piedra caliza, siendo un proceso termoquímico, de donde se derivan, la caliza con alto contenido de calcio y la caliza dolomítica que se caracteriza por la presencia de magnesio.

La caliza dolomítica se obtiene a una temperatura de 750°C dependiendo del tipo de piedra caliza, en donde se plantea la siguiente reacción:



siendo:

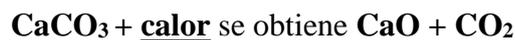
**CaMgCO<sub>3</sub>**: Piedra caliza dolomítica.

**CaCO<sub>3</sub>**: Carbonato de Calcio.

**MgO**: Óxido de Magnesio.

**CO<sub>2</sub>**: Dióxido de Carbono.

La caliza con alto contenido de calcio se obtiene a una temperatura de 900°C dependiendo del tipo de piedra caliza, en donde se plantea la siguiente reacción



siendo:

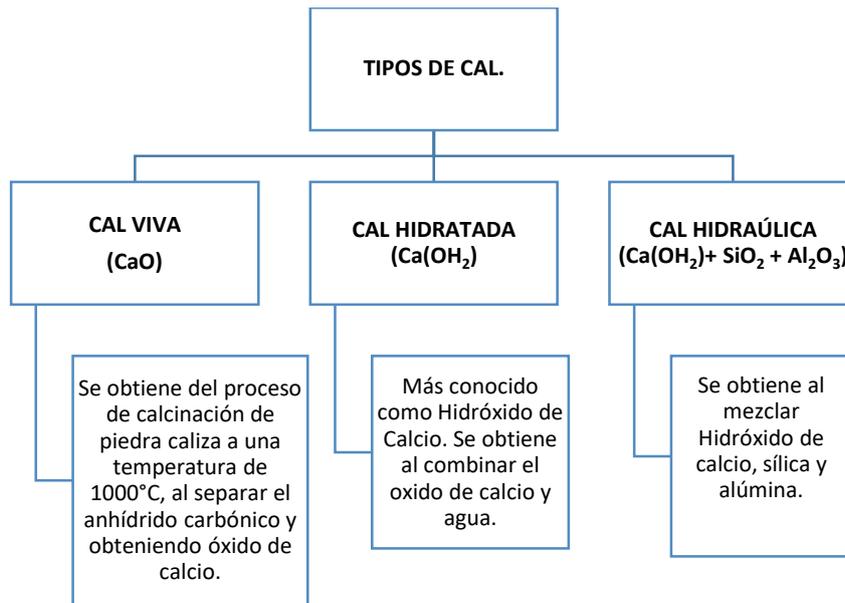
**CaCO<sub>3</sub>**: Carbonato de Calcio.

**CaO**: Óxido de Calcio.

**CO<sub>2</sub>**: Dióxido de Carbono.

### 1.2.1. TIPOS DE CAL

Posterior a la calcinación de la piedra caliza, en donde se ve relacionada directamente la temperatura, se obtiene cal viva o también conocida como óxido de calcio.



*Figura 3. Tipos de Cal.*

### 1.2.2. USOS DE LA CAL Y SUS DERIVADOS.

A nivel industrial, la cal tiene un impacto muy importante y considerable, siendo algunas de las ramas en donde se destacan en nuestro país, se presenta como un material fundamental en varias industrias y su porcentaje de participación es el siguiente:

- En la Siderurgia y Metalurgia tiene un porcentaje de consumo del 61%
- En la industria química el 13%
- Para la construcción representa un 10%
- En el tratamiento de aguas, gases, depuración de aguas y suelos el 9%
- En la agricultura 1%

(Montaluisa Montaluisa & Tipán Chávez, 2008).

#### 1.2.2.1. USOS DEL CARBONATO DE CALCIO

Entre los múltiples beneficios que presenta el carbonato de calcio están:

##### **INDUSTRIA.**

**Mezclas bituminosas:** en el campo de la ingeniería es de suma importancia ya que es un principal componente de asfaltos, actuando como relleno ya que por el tamaño de su partícula permite una variación en la cantidad de ligante bituminoso a emplear ayudando a la cohesión y a sus condiciones impermeabilizantes.

**Automoción:** se utiliza como modificadores de la reología en sellantes y plastisoles de PVC usados en las industrias, su uso ayuda al diseño de nuevas fórmulas gracias a su fácil dispersión, alto rendimiento y baja viscosidad.

**Tintas:** mejora las propiedades ópticas y reológicas de las tintas de impresión mejorando su acabado superficial, debe usarse un carbonato de calcio pasante del tamiz 400.

**Hules y plásticos:** es especialmente utilizado para PVC plastificado y rígido. Brinda una baja absorción de plastificante y permite una mejor absorción. Por su color de alta blancura, baja absorción de aceite y buenas características de dispersión aporta una notable carga mineral, es aplicado en plásticos, hule, recubrimientos y selladores en donde se requiere un acabado uniforme ya que por su granulometría hace esto posible. También es añadido en pinturas para balancear las propiedades por cargas más finas y gruesas.

**Cauchos:** para la producción de cauchos naturales y sintéticos el carbonato de calcio es usado para mantener la flexibilidad, aumenta la resistencia a torsión y tracción, mejora las características mecánicas y eléctricas reduciendo los costos. Previene el envejecimiento, fatiga del material, mantiene su aspecto, no aumenta la temperatura y evita rupturas. Su consistencia y alta pureza química permite que los rellenos minerales sean usados solos o mezclados, según la fórmula acorde a las necesidades, pero reduce el costo por el uso de resinas.

**Jabones y detergentes:** el carbonato es usado como relleno mineral para obtener una alta retención de humedad, ayuda a una mejor consistencia y secado del producto final, mejora

el aspecto de los jabones e incide en el peso. No altera las propiedades físicas ni químicas, ni la viscosidad de la mezcla. Adicionalmente mejora la acción de limpieza de jabones y detergentes por su grado de abrasividad, no daña las fibras textiles ni es perjudicial para la piel.

**Farmacéutica:** el calcio es un mineral que forma parte del organismo, el carbonato de calcio granulado es un mineral que es empleado como materia prima para la síntesis de productos farmacéuticos que intervienen en la formación de los huesos y en la transmisión de los impulsos nerviosos, contracción muscular, coagulación de la sangre y en otras funciones igualmente importantes.

## AGRICULTURA

**Alimentación animal:** el carbonato de calcio de un tamiz pasante de 200 y con una pureza elevada es decir con un mínimo de 98% de calcio, es usado como aditivo en la alimentación de animales como las aves mejorando la calidad de los huevos en su dureza de cascaron y en el ganado bovino mejora la calidad de la leche.

*Tabla 3. Análisis Químico de la Influencia del Carbonato de Calcio en la Industria Alimenticia Animal.*

ANÁLISIS QUÍMICO	
DETERMINACIÓN	RESULTADOS
Insolubles en HCl concentrado	0.73
Dióxido de Silicio	0.61
Trióxido de aluminio	0.12
Óxido de calcio	55.27
Óxido de magnesio	0.2
Óxido de hierro	0.04
Dióxido de carbonato	43.73
Carbonato de calcio	98.69
Carbonato de magnesio	0.51
No determinados	0.03

**Curtiembres:** para realizar el proceso de curtación para hacer cueros es necesario utilizar el carbonato de calcio como medio ácido para neutralizar propiedades físicas, químicas y biológicas.

## CONSUMO HUMANO

**Vino:** sirve como neutralizador de ácidos en las zonas frías o cosechas ácidas. Al ser insaborante permite tener un sabor natural y un enriquecimiento en calcio.

**Jugo de caña de azúcar:** el carbonato de calcio actúa como un agente alcalinizante en la intensificación de la purificación de los jugos de caña de azúcar usados tanto para consumo humano como para fertilización.

### 1.2.2.2.USOS DEL ÓXIDO DE CALCIO

#### **Metalúrgica**

La utilización del óxido de calcio en esta industria abarca distintas finalidades, para la fabricación del acero se añade durante un proceso siderúrgico como agente escorificante, y poder retirar las impurezas que contienen los metales. Mientras más alta sea su pureza mejor será su rendimiento.

**Aluminio:** también es un escorificante ya que combinado con sílice forma el silicato de calcio, evitando formaciones de silicato de hierro y baja el punto de fusión. Con la misma finalidad es utilizado en la producción de cobre, zinc, plomo, níquel, oro, uranio, entre otros.

En general, es usado como protección de la corrosión y neutralización de ácidos en la industria siderúrgica (Usedo, 2015).

**Cemento:** es un ingrediente esencial para la fabricación de cemento, funciona como ligante bituminoso.

**Fertilizantes:** actúa como fertilizante añadiendo propiedades de regulación en base mineral.

### 1.2.2.3. USOS DEL HIDRÓXIDO DE CALCIO

**Tratamiento de agua:** El ion hidróxido ( $\text{OH}^-$ ) hace que el pH del agua aumente.

**Camaroneras:** existe la posibilidad de matar a los camarones o peces al aplicar el hidróxido de calcio en el periodo de cultivo, sin embargo, una cantidad del producto se sedimenta sin reaccionar ni disolverse, la parte que reacciona con el dióxido de carbono en el agua se convierte en bicarbonato mejorando y estabilizando el pH, aumenta la concentración de calcio, elimina el fosfato del agua limitando la fotosíntesis del fitoplancton y evitan grandes cambios diarios del pH.

**Tratamiento de lodos:** actúa como un coadyuvante en la destrucción de microorganismos y bacterias presentes, a su vez neutraliza malos olores de forma drástica.

**Odontología:** el hidróxido de calcio se utiliza de manera habitual en cualquier tratamiento de tipo conservador, usado en preparaciones endodónticas, está recomendado para controlar bacterias y eliminación de hongos, logra remineralizar la dentina y provoca una mejor cicatrización de los tejidos, reduce edemas, permite el sellado sencillo del sistema de conductos y reduce el estrés del paciente (Calcinor, 2016).

### **1.3. PROCESO DE OBTENCIÓN DE CAL.**

1. El primer paso es la extracción del carbonato de calcio que se presenta en forma de piedras en diversas partes de la superficie terrestre, por ello existen diferentes minas encargadas del proceso y abastecimiento según los parámetros requeridos (calidad, pureza o costo).

2. Se procede a transportar la materia prima a la planta procesadora para ser inicialmente triturada, de acuerdo con el tipo de horno y pedido del cliente.

3. Una vez obtenidos los diámetros regulares, la materia prima es llevada a los hornos para su calcinación. En esta etapa por la geometría de los hornos la materia tiene un espacio de precalentamiento, posterior a ello pasa a la cámara refractaria para ser calcinada y al final el proceso de enfriamiento.

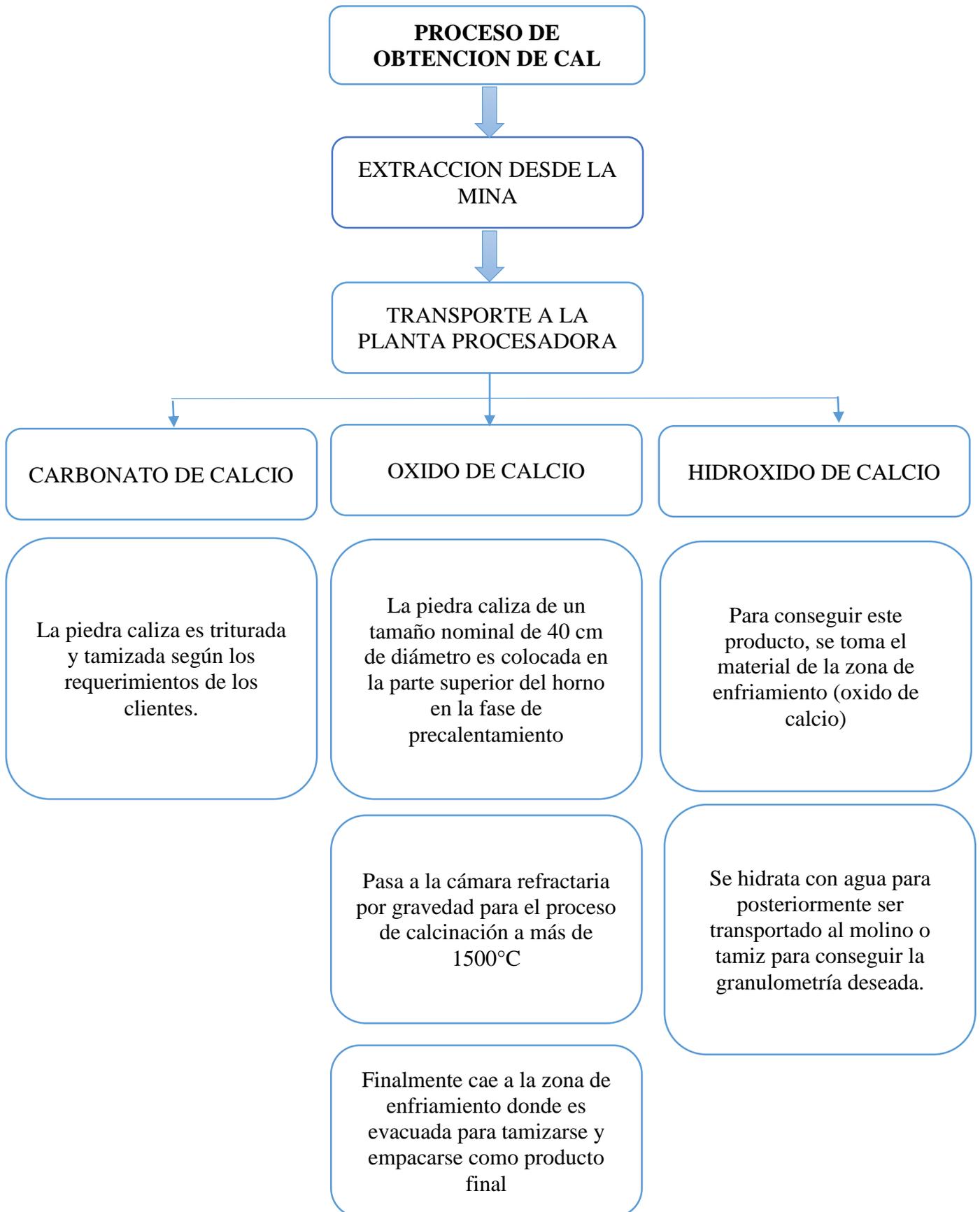
4. Se constata que toda la piedra ha sido calcinada y esta toma el nombre de óxido de calcio, en este punto el producto puede ser triturado y empacado para su comercialización, el material mal calcinado retorna al horno.

5. En el caso de requerir hidróxido de calcio, se toma la materia prima calcinada (óxido de calcio) y se le somete a un proceso de hidratación tomando en cuenta el peso de la carretilla que es 1.5 quintales o 75 kilogramos usando 30 litros de agua aprox.

6. Una vez obtenido el hidróxido de calcio, se obtiene una partícula tamaño malla 4 a 40, se debe esperar 24 horas para su manipulación, una vez hidratada, por la reacción química y la alta temperatura.

7. Dependiendo de la necesidad del cliente se procesa nuevamente en molinos trituradores para malla 100 a 200, si se requiere un tamaño de partícula de malla 225 a 600 se requiere un micro pulverizador.

8. Una vez obtenido el producto final requerido se procede al envasado y ensacado de la cal para ser transportada hacia el cliente.



*Figura 4 Proceso de obtención de Cal (flujograma)*

## 1.4. TIPOS DE TRITURACION

Para obtener los diferentes productos antes mencionados, es necesario que la materia prima sea sometida a diferentes etapas de trituración, siendo estas la trituración primaria, secundaria, terciaria y micro pulverización.

*Tabla 4. Tipos de Trituración para Obtención de Diferentes tipos de Cal*

<b>TIPOS DE TRITURACION</b>		
<b>PRODUCTO</b>	<b>MOLINO</b>	<b>TAMAÑO DE PARTICULA</b>
<b>CARBONATO DE CALCIO</b>	MANDIBULA	500 a 20 mm
	MARTILLO	20 a 0,42 mm
	BOLAS	50 a 0,037 mm
<b>OXIDO DE CALCIO</b>	MANDIBULA	200 a 20 mm
	MARTILLO	20 a 0,42 mm
<b>HIDROXIDO DE CALCIO</b>	PALETAS	2 a 0,15 mm
	MICROPULVERIZADOR	2 a 0,037 mm

## 1.5. TIPOS DE HORNOS

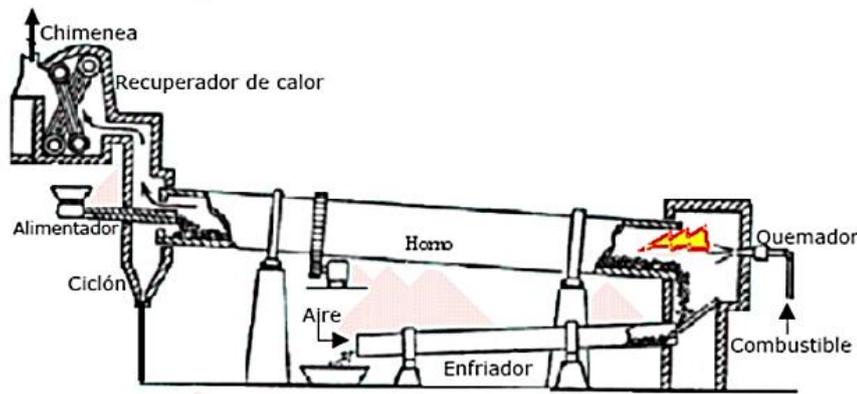
La producción de cal es un proceso que data del inicio de los tiempos, es por lo que se han desarrollado diferentes modelos de hornos, desde los más simples y artesanales, hasta los más modernos. Los tipos de hornos identificados son, hornos rotatorios, hornos verticales unifilares y gemelos.

### 1.5.1. Hornos Rotatorios

Los hornos rotatorios constan de un cilindro largo de acero que gira alrededor de su eje. En el caso de trabajo a altas temperaturas hay que recubrir el cilindro con ladrillo refractario en su interior. Ya sea para aislarlo del exterior o para proteger el acero. Son usados generalmente para calcinar la caliza con un tamaño pequeño de partícula (6 - 60) mm.

Los hornos rotatorios tienen mucha flexibilidad en sus parámetros y se puede utilizar fácilmente en procesos continuos.

Están equipados generalmente con calentadores previos y refrigerantes, y mejor aún para la obtención de una cal de calidad debido a su instrumentación. Produce una cantidad máxima de cal por hombre-hora. Su gran desventaja es su alto consumo de combustible.



*Figura 5. Tipos de Horno (Horno Horizontal)*

### 1.5.2. Hornos Verticales

Usados generalmente cuando la cal (óxido – hidróxido) obtenida no requiere de una gran pureza. Son más simples en su construcción. Constan de tres zonas: tolva, cámara de combustión y enfriamiento de caliza. El rendimiento de combustible es mayor que el horno rotatorio debido a que tiene un mayor intercambio entre los productos de la combustión y la carga.

El aceite usado, diésel o biomasa son combustibles que se puede quemar con mucha efectividad en hornos verticales para la calcinación de cal. La cámara para la gasificación del aceite quemado, diésel o biomasa se construye de diferentes formas, puede ser independiente al quemador o en conjunto con la inclinación de este, para el control de oxígeno dentro de la cámara de combustión, dependiendo de las características de la llama del quemador a utilizar. Alrededor de la cámara se puede colocar una envoltura metálica, pero el costo resulta elevado

debido a la forma y espesor de la chapa. El peso de la cámara con el refractario es de alrededor de 800 Kg. El quemador se monta en la parte frontal de la cámara de combustión con una inclinación de 5° a 7°, el que garantiza un cono de llama de 15° a 20°. Se debe considerar para el poder calorífico del sistema de combustión que se consume 110 galones de aceite usado diario (24 horas), dando como poder calorífico 7000kcal/kg, como consumo en los 3 elementos que se pueden usar:

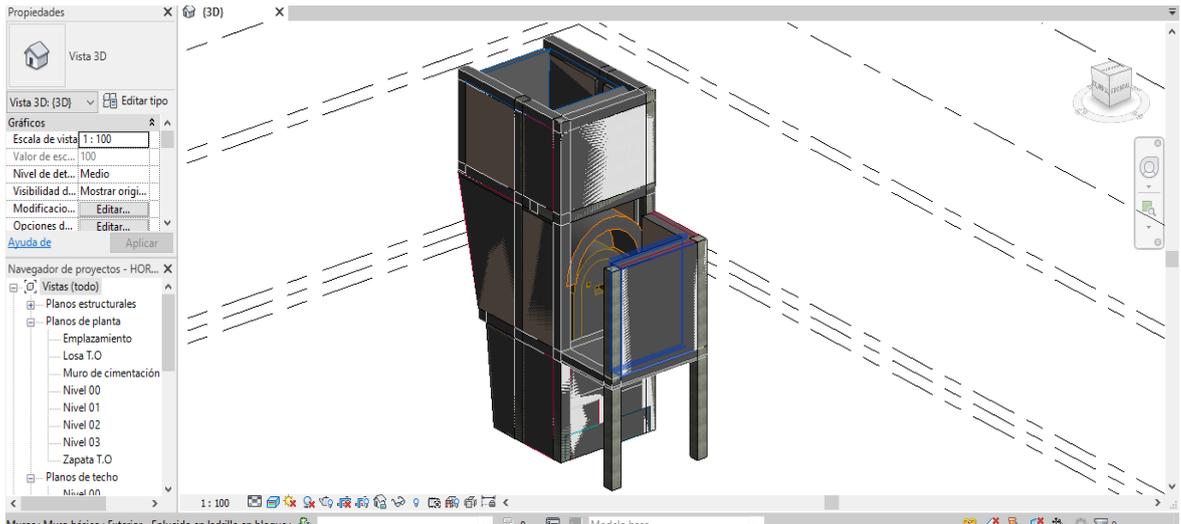
*Tabla 5. Combustibles usados y sus características*

<b>Combustible</b>	<b>Galones gl</b>	<b>Kg de combustible</b>	<b>Poder calorífico Kcal/kg</b>	<b>Consumo día gl</b>	<b>Consumo de Kcal/gl</b>	<b>Consumo de Kcal/día</b>	<b>Costo galón</b>	<b>Costo día combustible</b>
<b>Aceite usado</b>	1	3,47500638	7000	110	24325,04466	2675754,913	0,67	73,7
<b>Diesel</b>	1	3,2175985	10680	77,8651	34363,95198	2675754,913	1,3	101,22463
<b>Biomasa</b>	1	1,072532833	7200	346,5	7722,2364	2675754,913	0,27	93,555

Para el proceso de calcinación ideal es necesario 11,6 m<sup>3</sup> de aire. La velocidad de aire en la entrada en límites de 30-40 m/s. La pared de la cámara calienta hasta 2200°C, que contribuye la estabilidad del proceso de combustión.

### **1.5.2.1.Horno vertical unifilar**

Dentro de los cálculos obtenidos con anterioridad se aplican a este tipo de horno ya que es muy común por la facilidad de construcción y el costo de inversión tomando en cuenta el modelo en REVIT (2020)



*Figura 6. Horno Vertical Unifilar modelado en REVIT (2020)*

### **1.5.2.2.Horno Vertical Gemelo.**

Se considera de los más eficientes dentro de los parámetros de combustión dando un compartimento de temperatura entre los mismos y una mayor producción, de los cálculos anteriores disminuye el consumo de combustible un 10% aproximadamente el costo de inversión es como construir 2 unifilares con ahorro del 25%.



*Figura 7. Construcción de Horno Vertical Gemelo.*

## **CAPITULO II.-METODOLOGÍA.**

### **2.1.- Descripción de la edificación.**

El horno para la producción de cal que se va a estudiar en esta investigación tiene una estructura especialmente particular que no ha sido normada, sin embargo, se puede describir de los diferentes hornos artesanales existentes, los cuales datan que para la conformación de la estructura consta de tres etapas la de pre-calcinación, calcinación y enfriamiento.

En la etapa de enfriamiento se delimita el espacio a utilizar, definiendo su cimentación superficial o semi profunda. La diferencia de superficial con semi profunda está en los choques de viento que existen sobre la superficie ya que al exponerse a ellos disminuye la temperatura reduciendo la capacidad de producción por hora. Tanto en la superficial como en la semi profunda, a lo largo de toda la estructura se forma un talud artificial con ángulo uniforme el cual permite definir la inclinación del muro de la cámara refractaria utilizando el suelo natural.

La losa de cimentación está ubicada desde el nivel -0.50 compactado el suelo natural se coloca su respectiva cama de arena y material pétreo para mejorar el suelo y la estructura de la losa con cadenas, malla electrosoldada y hormigón, adicionalmente se coloca en la base frontal un perfil de acero reforzado y otro en el nivel +0.60 formando un marco rectangular de 1.20 de ancho por 0.60 de alto con perfiles de riel de tren.

Sobre la losa de cimentación está ubicada una cama de arena de 0.60 de alto 1.0 de ancho por 1.20 de largo en la cual se coloca flujo piroclástico para formar el declive de descarga.

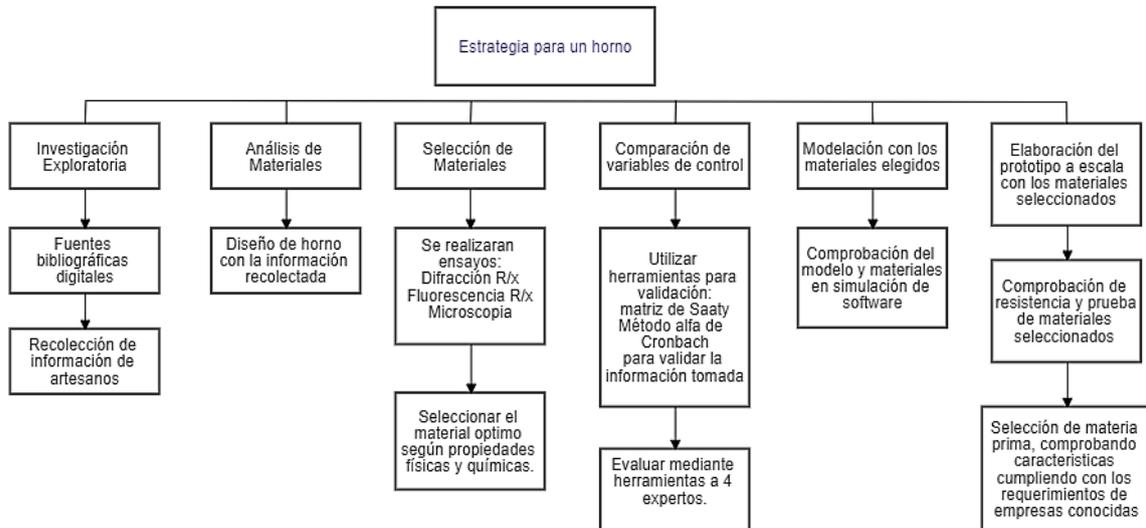
El muro que rodea la cama de arena tiene un ancho de 0.30 por 0.60 de alto el cual sube vertical a 90° hasta el inicio de la cámara refractaria.

La etapa de calcinación está conformada por la estructura externa que contiene a la cámara refractaria, dicha cámara consta de factores como inclinación, ancho, tipo de espaldar, los cuales definirán la capacidad del horno, los materiales que se utilizan son flujo piroclástico, ladrillo refractario, cemento y mortero refractarios. El método de calcinación es mediante un quemador alimentado con aceite quemado el cual debe ser regulado para el distanciamiento de llama de acuerdo con el diseño de la cámara, poder calorífico para llegar a la temperatura ideal, regulando el tiempo entre 40 a 45 minutos de cocción sin perjudicar el arco principal de la cámara refractaria.

Para la etapa de pre calentamiento se debe considerar 1 a 1.20 metros salientes de bóveda de la cámara refractaria perpendicular 30 cm y posteriormente con una inclinación de 15° a 20° formando una especie de tolva en la cual se deposita la materia prima que es el carbonato de calcio piedra con una granulometría idónea para evitar ahogamientos en el horno, esta tolva mantiene una temperatura aproximada de 30° en la superficie en la parte media 90° aproximadamente en la parte inferior casi al llegar a la cámara refractaria, por transferencia de temperatura de la misma, mantiene una temperatura estándar de 400° con lo cual el material ingresa sumamente seco.

Una vez conformada la parte principal de la estructura, por la parte de la fachada y mampostería de la parte frontal y laterales se coloca dos líneas de ladrillo mampostería trabado y alternando su posición en cada fila, arriostrado a columnas que sirven como soporte estructural, elaboradas de la forma tradicional conocida. Se realiza un muro interno de flujo piroclástico el cual es el encargado de soportar el calor emanado por el material calcinado, entre el muro de ladrillo y el muro de flujo piroclástico se coloca hormigón y piedra.

## 2.2.- Esquema metodológico.



*Figura 8 Plan de desarrollo del proyecto (estructura desglosada del trabajo).*

## 2.3.- Proceso de la metodología.

La metodología realizada en esta investigación consta de seis pasos descritos a continuación:

1. Investigación exploratoria: se llevará a cabo en fuentes bibliográficas digitales para la parte teórica y recolección de información de constructores artesanos para la parte práctica que en este caso es la construcción del horno artesanal de producción de cal.
2. Análisis de materiales: con los datos obtenidos de los materiales que intervienen en la construcción del horno, se realizará un análisis y se procederá a la modelación del modelo descrito por los constructores artesanos.
3. Selección de materiales: en base a los resultados obtenidos de los análisis de materiales se realizará la selección de estos en base a sus propiedades físicas y químicas.
4. Comparación de variables de control: los datos obtenidos en las entrevistas y encuestas a los principales involucrados en el área de producción y comercialización serán validados mediante el método Delphi el cual es un

método de estructuración de un proceso de comunicación grupal que es efectivo a la hora de permitir a un grupo de individuos, como un todo, tratar un problema complejo. (Linstone y Turoff, 1975). Se basa en la utilización sistemática de un juicio intuitivo emitido por un grupo de expertos y el software SPSS, la veracidad de estos datos nos permitirá conocer la capacidad de producción, la demanda, el costo, el tiempo de construcción de un horno de producción de cal.

5. Modelación: una vez seleccionados los materiales y habiendo realizado la modelación de la estructura construida artesanalmente, se procede a desarrollar el modelo propuesto, el cual tendrá los materiales óptimos.

## **CAPITULO III.- RESULTADOS Y ANÁLISIS.**

### **3.1 Encuesta y Entrevista.**

La recolección de datos se la realizo mediante las siguientes herramientas, iniciando con una entrevista estructurada, enfocada en responder los objetivos planteados en esta investigación; las entrevistas fueron dirigidas a tres grupos principales, siendo estos: 10 clientes (Anexo 7), 11 productores (Anexo 8) y 3 constructores artesanos (Anexo 9). Se realizó la validación de datos partiendo con el método Delphi.

La entrevista aplicada a los clientes mostró los siguientes resultados:

*Tabla 6. Resultados de la Entrevista dirigida a Clientes*

<b>ENTREVISTA DIRIGIDA AL CLIENTE</b>			
<b>TIPOS DE CAL CONOCIDOS</b>	<b>Carbonato de calcio</b>	<b>Oxido de calcio</b>	<b>Hidróxido de calcio</b>
<b>CANTIDAD REQUERIDA</b>	1000 sacos	a	2500 sacos
<b>USOS</b>	jabón, cemento, pintura, acerías, camaronera, fertilizante		
<b>COSTO NOMINAL</b>	2.25 \$	a	5.00\$

La entrevista aplicada a los productores mostro los siguientes resultados:

*Tabla 7. Resultados de la Entrevista dirigida a Productores*

**ENTREVISTA DIRIGIDA A LOS PRODUCTORES**

<b>TIPOS DE CAL CONOCIDOS</b>	<b>Carbonato de calcio</b>	<b>Oxido de calcio</b>	<b>Hidróxido de calcio</b>
<b>TIPOS DE CAL QUE PRODUCE</b>	45kg	25 kg	25 kg
<b>PRODUCCIÓN /DÍA</b>	500 sacos	240 sacos	320 sacos
<b>TIPO HORNO CONOCE</b>	vertical gemelo, vertical unifilar		

La entrevista aplicada a los constructores artesanales es de mayor relevancia ya que permitió conocer los materiales y métodos constructivos que son aplicados para la fabricación de hornos de producción de cal, se tomó en cuenta que las personas que serán entrevistadas poseen conocimientos empíricos que han recolectado y mejorado a lo largo de su trayectoria laboral.

Los resultados obtenidos fueron los siguientes:

*Tabla 8. Resultados de la Entrevista dirigida a Constructores*

**ENTREVISTA DIRIGIDA A LOS CONSTRUCTORES**

<b>TIEMPO DE CONSTRUCCIÓN</b>	2 a 4 meses dependiendo el tipo		
<b>EXPERIENCIA EN CONSTRUCCIÓN</b>	4 a 10 hornos		
<b>TIPO DE CAL CONOCIDA</b>	Carbonato, Oxido e Hidróxido		
<b>TIPOS DE HORNO CONOCIDOS</b>	Vertical simple. Vertical gemelo, horizontal		
<b>CANTIDAD DE PRODUCCIÓN DE CADA HORNO</b>	Vertical simple	150 – 225 kg	
	Vertical gemelo	225 – 300 kg	
	horizontal	375 – 450 kg	
<b>MATERIALES EMPLEADOS</b>	ladrillo común, ripio, varilla corrugada, malla electrosoldada, roca volcánica, cemento, macadán, arena, ladrillo refractario, cemento refractario, mortero refractario		

En cuanto a la descripción de los métodos constructivos, la narración de los expertos coincidió tanto en materiales como en su estructuración, la principal característica es que se

usa el talud natural como muros portantes a pesar de no estar anclado el horno para tener un punto de acceso por la parte superior del mismo, el horno consta de tres etapas, iniciando desde la parte superior con la zona de precalentamiento en la cual se deposita la materia prima que será procesada, la etapa dos es la cámara refractaria, en la cual se va a realizar el proceso de calcinación del material a una temperatura de 1400 a 1700°C, considerando que el quemador se encuentra de 2000 - 2200°C. Por último, la etapa de descarga en la cual se va a evacuar la materia prima calcinada, en este caso llamada oxido de calcio. Los materiales son usados de acuerdo con la conformación de cada etapa del horno.

Con los datos obtenidos de estas entrevistas se desarrolló un modelo estructurado de encuestas (Anexo 10,11) para validar datos de una forma específica, en el software SPSS en el cual mediante el método Alpha de Cronbach se desarrolló la validación de encuestas (Anexo 12,13) corroborando que los materiales mencionados son los que intervienen realmente en la construcción de hornos de cal, también nos indicó que el 45,5% de los encuestados prefieren un horno unifilar vertical y su principal interés es en cuanto a la capacidad de producción y al costo de elaboración del horno. También nos ratificó el tiempo de construcción de cada horno, siendo de 2,5 meses para el unifilar vertical, 3,5 meses para el vertical gemelo y 8 meses para el horno horizontal, a un costo de 12672,73; 23263.64 y 106000 dólares respectivamente y una capacidad productiva. Se indicó que los materiales de fácil adquisición son los más comunes en la construcción y los de difícil acceso son los refractarios.

Una vez validada la información recolectada y aplicando un conocimiento previo de la materia se puede realizar la propuesta de modelo que valide las técnicas constructivas de los artesanos la cual nos permita tener un modelo funcional y ergonómico. Este modelo será simulado y probado en un software (ETABAS 2018) que nos permitirá estudiar la estructura cuando sea expuesta a una eventualidad sísmica.

### 3.2. Configuración Estructural.

Posterior a conocer todos los materiales que intervienen en el proceso constructivo fundamentalmente por el criterio de los constructores artesanos se procedió a evaluar estructuralmente con proyección a que nuestro diseño tenga el enfoque sismorresistente.

Se procedió a calcular la carga muerta de la estructura con la ayuda de EXCEL (2016) validando la cantidad de materiales, sus dimensiones y su participación por metro cuadrado como se visualiza en los Anexos (14, 15, 16, 17), teniendo como resultados.

*Tabla 9. Cantidad de Ladrillo Mambrón para el Horno.*

<i>MATERIAL</i>	<i>DIMENSIONES</i>	<i>Unidad + 5% / m<sup>2</sup></i>	<i>PLANTA</i>	<i>ÁREA (m<sup>2</sup>)</i>	<i>TOTAL (material)</i>
<i>Ladrillo Mambrón</i>	29 x 11 x 9.5 (cm)	26	3	33.5544	872
			2	69.388	1804
			1	30.24	786
			Subtotal	133.1824	<b>3553</b>

*Elaborado por: Guevara, Medina 2021*

*Tabla 10. Cantidad de Piedra Volcánica para el Horno.*

<i>MATERIAL</i>	<i>DIMENSIONES</i>	<i>Unidad + 5% / m<sup>2</sup></i>	<i>PLANTA</i>	<i>ÁREA (m<sup>2</sup>)</i>	<i>TOTAL (material)</i>
			3	18.88	132

<i>Piedra Volcánica</i>	40 x 25 x 22 (cm)	7	2	10.64	74
			1	11.28	79
			Subtotal	40.8	<b>286</b>

*Elaborado por: Guevara, Medina 2021*

*Tabla 11. Cantidad de Ladrillo Refractario (Cámara de Cocción)*

<i>MATERIAL</i>	<i>DIMENSIONES</i>	<i>Unidad + 5% / m<sup>2</sup></i>	<i>PLANTA</i>	<i>ÁREA (m<sup>2</sup>)</i>	<i>TOTAL (material)</i>
<i>Ladrillo Refractario (42M - 1A)</i>	22.9 x 11.4 x 6.3 (cm)	67	2	36.065	2416
			Subtotal	36.065	<b>2416</b>

*Elaborado por: Guevara, Medina 2021*

*Tabla 12. Cantidad de Ladrillo Refractario (Arco Cámara Cocción)*

<i>MATERIAL</i>	<i>DIMENSIONES</i>	<i>Unidad + 5% / m<sup>2</sup></i>	<i>PLANTA</i>	<i>ÁREA OCUPA (m<sup>2</sup>)</i>	<i>TOTAL (material)</i>
<i>Ladrillo Refractario (42M - S)</i>	22.9 x 11.4 x 6.3 x 5.4(cm)	71	2	2.16	153
			Subtotal	2.16	<b>153</b>

*Elaborado por: Guevara, Medina 2021*

### 3.2.1. Configuración Estructural Inicial.

Posterior a la cantidad de materiales, en base a sus pesos específicos se realizó el cálculo de la carga muerta como se muestra en el Anexo (18) obteniendo un valor de 1.475 Ton.

*Tabla 13. Cantidad de materiales (sin el 5%) y sus Pesos Específicos.*

<i>Material</i>	<i>Cant. Material U/m<sup>2</sup></i>	<i>Peso Específico (Ton/m<sup>3</sup>)</i>
<i>Ladrillo Mambrón</i>	24	1.22
<i>Mortero</i>		2.1

<i>Piedra Volcánica</i>	6	2.6
<i>Mortero</i>		2.1
<i>Ladrillo Refractario (1A)</i>	63	2.7
<i>Mortero Refractario</i>		1.85
<i>Ladrillo Refractario (S)</i>	67.5	2.7
<i>Mortero Refractario</i>		1.85

**Fuente: (Rodríguez, 2018)**

Según la normativa que rige en nuestro país (NEC-SE-CG-Cargas-Sísmicas Cap. 4.2) se procedió a la consideración de la carga viva la cual se la evaluó como una estructura de almacenamiento debido a la funcionalidad del horno de almacenar constantemente la piedra caliza para proceder a su cocción por lo tanto el valor de carga viva es  $0.48 \text{ ton/m}^2$

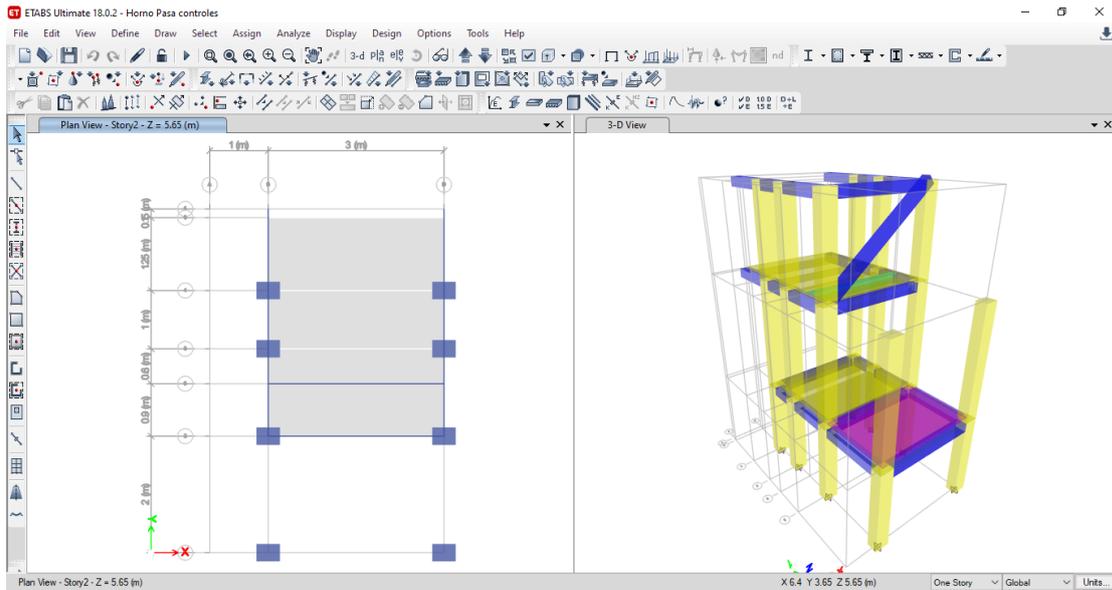
Conocidas las cargas que intervienen en el sistema estructural se continuó con la conformación de este, donde se establecieron las medidas con las que se han venido desarrollando los hornos de cal en los elementos estructurales hasta la actualidad, las condiciones del sitio en donde se desarrolla y las combinaciones de carga como se puede ver en los Anexos (19,20).

Evaluando el sistema estructural se obtiene un periodo de vibración de 0.461s en el Anexo (21), derivas de piso en el Anexo (22), control de excentricidades (centros de masas y rigideces) en el Anexo (23).

Al obtener estos resultados de análisis estructural en general del sistema, se verificó que no cumplen varios controles por lo que se aplicaron otras dimensiones para cumplir con los requerimientos sismorresistentes.

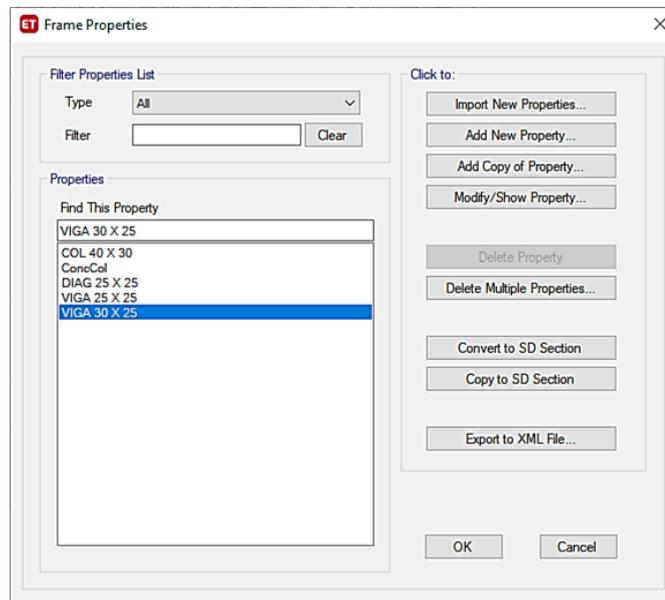
### **3.2.2. Configuración Estructural Propuesta.**

Se evaluó el siguiente sistema estructural teniendo un comportamiento sismorresistente adecuado.



*Figura 9. Configuración Estructural Propuesta.*

Se establecieron las nuevas secciones para cada elemento estructural, planteando secciones más robustas en las columnas y una diagonal en la tercera planta con la finalidad de controlar el comportamiento sismorresistente y además evitar la fisuración que se presenta comúnmente en la planta mencionada.



*Figura 10. Secciones propuestas (ETABS 18)*

Se consideraron las mismas cargas presentadas para la configuración inicial, es decir 1.475 Ton. como carga muerta y 0.48 Ton/m<sup>2</sup> como carga viva. Las cuales se analizan con su respectiva combinación según (NEC-SE-CG-Cargas-Sísmicas Cap. 4.2).

Cabe resaltar que las condiciones del sitio en donde se ejecutó el prototipo inicial fueron las mismas que se evaluaron en esta configuración las cuales se las presenta en el Anexo (24, 25).

Realizada la configuración estructural propuesta se procedió al análisis sismorresistente del sistema como de sus elementos correspondientes, presentando como resultados, un modo de vibración de 0.342s.

Case	Mode	Period sec	UX	UY	UZ	SumUX	SumUY	SumUZ	RX
Modal	1	0.342	0.7042	0.0003	0	0.7042	0.0003	0	0.0003
Modal	2	0.314	0.0004	0.7535	0	0.7046	0.7538	0	0.3444
Modal	3	0.22	0.0651	4.441E-05	0	0.7698	0.7539	0	4.505E-05
Modal	4	0.092	0.0001	0.2363	0	0.7699	0.9902	0	0.6541
Modal	5	0.081	0.0945	0.0004	0	0.8644	0.9906	0	0.0009
Modal	6	0.067	0.1226	3.106E-05	0	0.9889	0.9906	0	7.472E-06
Modal	7	0.059	0.0001	0.0094	0	0.987	1	0	0.0002
Modal	8	0.053	0.0128	2.793E-05	0	0.9998	1	0	0.0001
Modal	9	0.025	0.0002	0	0	1	1	0	0
Modal	10	0.004	0	0	0	1	1	0	0
Modal	11	0.003	0	0	0	1	1	0	0
Modal	12	0.003	0	0	0	1	1	0	0

*Figura 11. Modos de Vibración Conf. Estructural Propuesta (ETABS 18)*

En la evaluación de las derivas de piso no se presentan inconvenientes como en el modelo anterior es decir que las derivas inelásticas no son mayores a 2% Anexo (26), como lo recomienda la normativa de nuestro país (NEC – SE – DS Cargas Sísmicas) en el apartado 5.1 Límites permisibles de las derivas de los pisos.

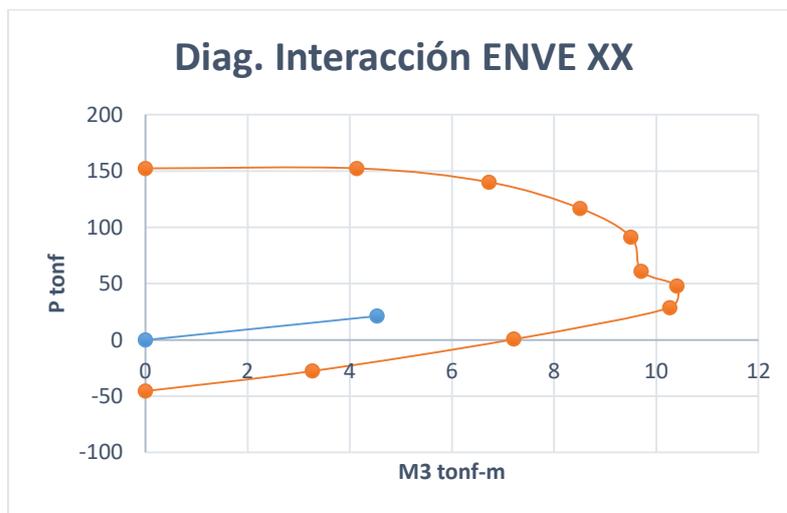
Para el control de excentricidades se obtuvieron los siguientes resultados:

**Tabla 14. Control de Excentricidades Config. Est. Propuesta (ETABS 18 y EXCEL 2016)**

Story	Diap hrag m	Mass X tonf- s <sup>2</sup> /m	Mass Y tonf-s <sup>2</sup> /m	XCM m	YCM m	Cum Mass X tonf-s <sup>2</sup> /m	Cum Mass Y tonf- s <sup>2</sup> /m	XCC M m	YCC M m	XCR m	YCR m	EEXX m	EEYY m
Story1	D1	2.46	2.46	3.5	2.65	2.46	2.46	3.5	2.65	3.49	2.46	0.00	0.19
Story2	D2	1.62	1.62	3.47	3.11	1.62	1.62	3.47	3.11	3.49	2.64	0.02	0.47
Story3	D3	0.41	0.41	3.60	3.26	0.41	0.41	3.60	3.26	3.49	2.12	0.11	1.14

Elaborado por: *Guevara, Medina 2021*

Para el control de aplastamiento se consideraron los diagramas de interacción en sentido XX como en sentido YY expuestos en los Anexos (27, 28) obteniendo los siguientes resultados.



Pu (tonnef)	Mu (tonnef - m)
0	0
<b>21.0477</b>	<b>4.5364</b>

**Figura 12. Diag. de Interacción y Evaluación de la carga crítica (Sentido XX)**

Pu (tonnef)	Mu (tonnef - m)
0	0
<b>18.6871</b>	<b>2.8827</b>

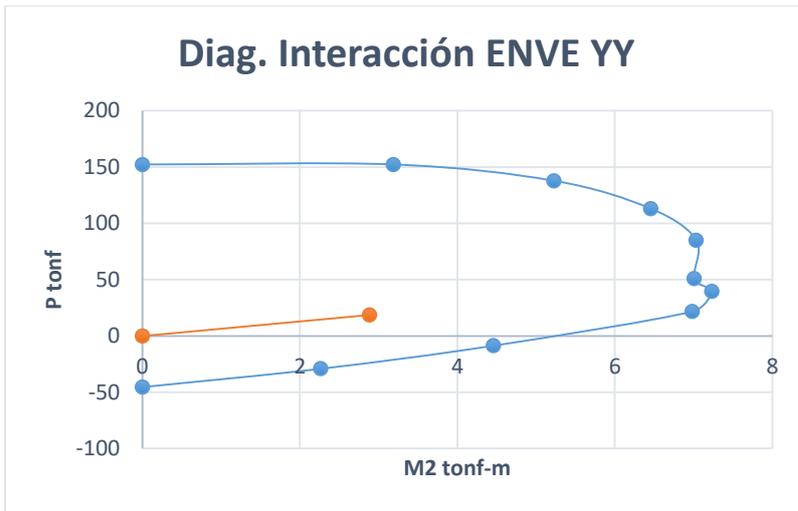


Figura 13. Diag. Interacción y Evaluación de la carga crítica (Sentido YY)

Se controló también la formación de Nudo Rígido que es fundamental para garantizar la formación de Rótulas Plásticas, se verificó que ningún elemento estructural presente errores, esto implica que los valores de relación de capacidad entre vigas y columnas sean inferiores a 1 pero se recomienda que en los pisos superiores sea menor a 0.85 y los pisos inferiores a 0.7.

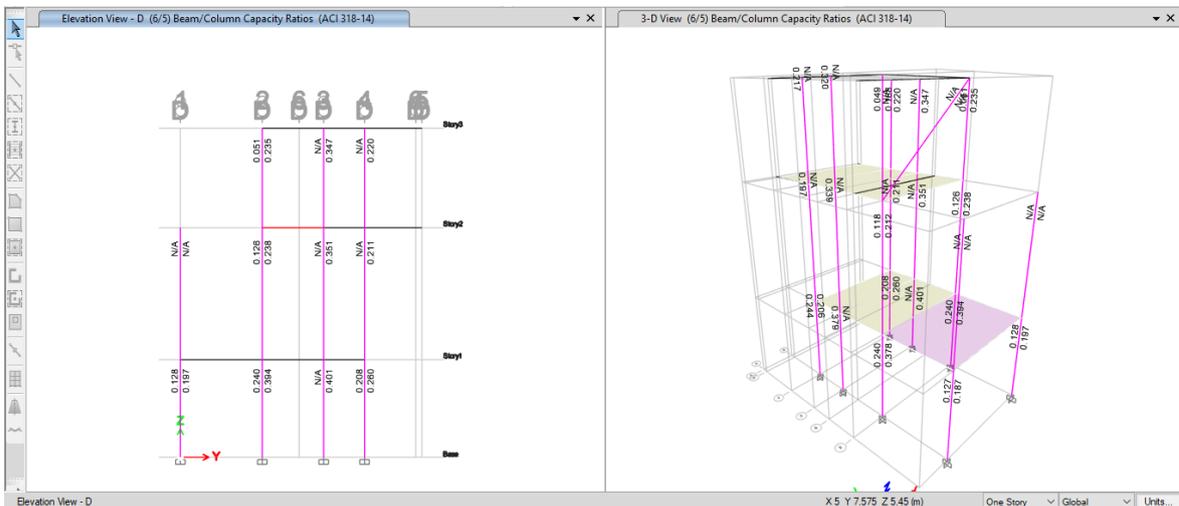
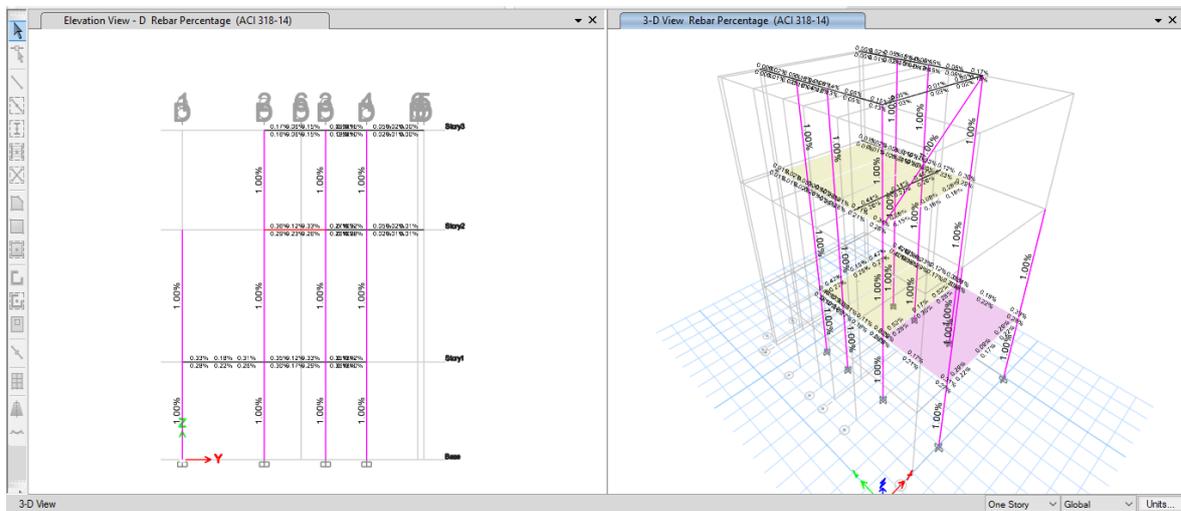


Figura 14. Valores, Control de Nudo Rígido (ETABS 18).

Finalmente se procedió a realizar una evaluación total del diseño en donde se presentó que las vigas de la planta 2 se encontraban con un problema de sobreesfuerzo debido a que se apoya una viga central, lo cual no sucede al analizar la estructura como un todo, debido a que en la parte inferior de la viga está ubicado el arco abovedado de la

cámara de cocción (Anexo 29) que es el que distribuye los esfuerzos hacia la parte inferior del sistema estructural.



*Figura 15. Control de Diseño (ETABS 18)*

#### 4.CONCLUSIONES

- La recopilación de datos permitió conocer los materiales empleados en la construcción de hornos de producción de cal, siendo los más conocidos, ladrillo mamborrón para las mamposterías, varilla corrugada, malla electrosoldada y cemento para la configuración estructural, flujo piroclástico para la tolva en primera y tercera fase, cemento, macadán, arena y agua para enlucidos y morteros. Además, materiales que no se usan comúnmente como ladrillo refractario, cemento refractario, mortero refractario, melaza y greda que son fundamentales para la segunda fase donde se concentra la cámara de cocción.
- Se evaluaron dos tipos de configuraciones, el modelo inicial (modelo artesanal) sin una evaluación sísmica considerable ha presentado generalmente fisuras de mampostería en la primera fase del horno (fase de precalentamiento) por lo que en el

modelo propuesto se controla adicionando una diagonal rigidizadora para evitar estos inconvenientes y mejorando el sistema estructural.

- Se consideró un aumento de secciones (columnas y vigas), que fueron necesarias para un adecuado comportamiento ante una eventualidad sísmica debido a que en el modelo inicial (modelo artesanal) se consideran solo secciones mínimas recomendadas por la Normativa (NEC) pero no son óptimas.
- La estructura inicial (modelo artesanal) presenta un comportamiento inadecuado entre ellos un periodo de vibración elevado de 0,461s en una estructura de tres plantas; siendo recomendable ( $\frac{\text{No.Pisos}}{10} = 0.3$ ) lo que se controla en la configuración propuesta teniendo un periodo de vibración de 0.342s, óptimo.
- Al evaluar el control de Derivas de Piso en el modelo inicial, el comportamiento sísmico en sentido X no cumple, su deriva inelástica es superior a 2 que recomienda la NEC -SE – DS (Cargas Sísmicas), lo que sí se logró controlar en la configuración propuesta.
- El modelo propuesto en esta investigación permite obtener una producción regular de óxido de calcio de 225 kg/h, teniendo en consideración que el horno una vez encendido trabaja las 24 horas al día y los 365 días del año, lo cual representa un beneficio para el productor, ya que con 150 kg/h se cubre el costo de materia prima más producción y los 75 kg/h adicionales de producción representan una utilidad neta.

## 6. BIBLIOGRAFIA

Rodríguez, H. (20 de Abril de 2018). *Ingeniería Mecánica*. Obtenido de ingemecánica: <http://ingemecanica.com>

Calcinor. (2016). *Características y usos del carbonato de calcio*. Calcinor.

<https://www.aldebaransistemas.com/caracteristicas-y-usos-del-carbonato-de-calcio/>

Kara, B. (2021). *Effects of cooling regimes on limestone rock and concrete with limestone aggregates at elevated temperatures International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences Effects of cooling regimes on limestone rock and concrete with limestone aggregates at elevated temperatures. January.*

<https://doi.org/10.1016/j.ijrmms.2021.104618>

Montaluisa Montaluisa, E. R., & Tipán Chávez, H. G. (2008). Diseño de un horno para la producción de cal viva y cal hidratada de 120 toneladas de producción diaria. *Facultad de Ingeniería Mecánica*, 39-41,44-49.

Usedo, R. (2015). Estudio y análisis de la utilización de la cal para el patrimonio arquitectónico. *Universidad Politécnica de Valencia*, 150.

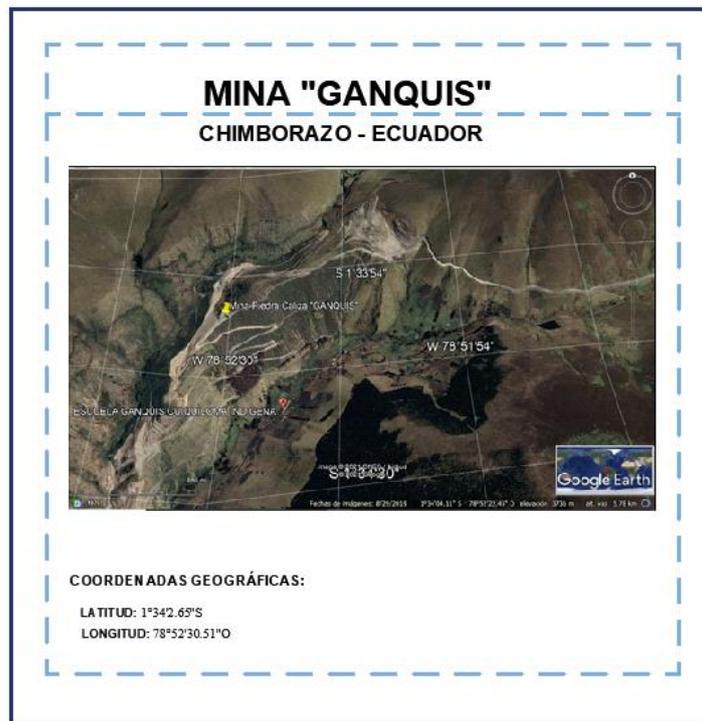
<https://riunet.upv.es:443/handle/10251/60200>

## 7. ANEXOS



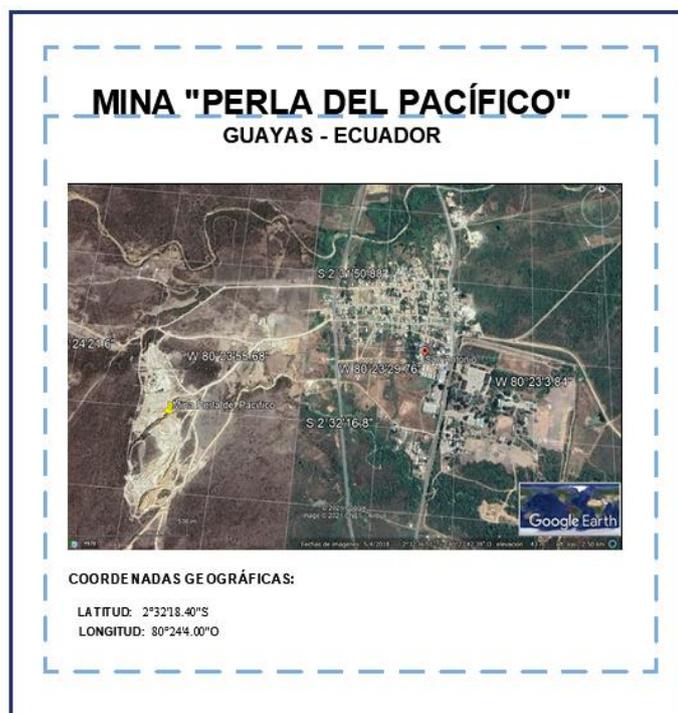
**Anexo 1.** Ubicación, Concesión Minera Shobol.

Elaborado por: Guevara, Medina 2021



Anexo 2. Ubicación, Concesión Minera Ganquis.

Elaborado por: Guevara, Medina 2021



Anexo 3. Ubicación, Concesión Minera Perla del Pacífico.

Elaborado por: Guevara, Medina 2021



**Anexo 4.** Ubicación, Concesión Minera Selva Alegre.

**Elaborado por:** Guevara, Medina 2021



**Anexo 5.** Ubicación, Concesión Minera CECAL.

**Elaboración por:** Guevara, Medina 2021



**Anexo 6.** Ubicación, Concesión Minera Gretha Piedad.

**Elaborado por:** Guevara, Medina 2021



**ENTREVISTA DIRIGIDA AL CLIENTE**

**NOMBRE:** \_\_\_\_\_

SELECCIONE LOS TIPOS DE CAL QUE CONOCE

carbonato de calcio

oxido de calcio

hidróxido de calcio

QUE CANTIDAD DE CAL ES LA QUE REQUIERE.

---

---

CUAL ES EL USO QUE LE DA A LA CAL.

---

---

CUAL ES EL PRECIO QUE ESTA DISPUESTO A PAGAR POR EL TIPO DE CAL QUE REQUIERE.

---

---

**Anexo 7.** Modelo de Entrevista dirigida al Cliente.

**Elaborado por:** Guevara, Medina 2021



**ENTREVISTA DIRIGIDA A LOS PRODUCTORES**

**NOMBRE:** \_\_\_\_\_

**QUE TIPOS DE CAL CONOCE.**

---

---

**QUE TIPO DE CAL DESEA PRODUCIR**

---

---

**QUE CANTIDAD DE CAL ES LA QUE REQUIERE PRODUCIR.**

---

---

**CUANTOS TIPOS DE HORNO CONOCE**

---

---

**QUE TIPO DE HORNO DESEA CONSTRUIR**

---

---

**Anexo 8.** Modelo de Encuesta dirigida a los Productores

**Elaborado por:** Guevara, Medina 2021



**ENTREVISTA DIRIGIDA A LOS CONSTRUCTORES**

**NOMBRE:** \_\_\_\_\_

**CUANTO TIEMPO LLEVA EN LA CONSTRUCCION DE HORNOS**

---

---

**CUANTOS HORNOS DE PRODUCCION DE CAL HA CONSTRUIDO**

---

---

**QUE TIPOS DE CAL CONOCE**

---

---

**QUE TIPOS DE HORNOS CONOCE Y HA CONSTRUIDO**

---

---

**QUE CANTIDAD DE CAL PRODUCE CADA TIPO DE HORNO**

---

---

**VARIAN LOS MATERIALES DE ACUERDO CON EL TIPO DE HORNO**

---

---

**CUAL ES EL PROCESO DE CONSTRUCCION DE HORNOS**

---

---

**VARIA EL PROCESO COSNTRUCTIVO DEPENDIENDO DEL TIPO DE HORNO**

---

---

**Anexo 9.** Modelo de Encuesta dirigida a los Constructores.

**Elaborado por:** Guevara, Medina 2021



**ENCUESTA DIRIGIDA A LOS PRODUCTORES DE CAL**

**NOMBRE:** \_\_\_\_\_

1. CONOCE LOS MATERIALES QUE COMPONE EL HORNO DE CAL

SI \_\_\_\_\_ NO \_\_\_\_\_

2. QUE MATERIALES CONOCE PARA LA CONSTRUCCION DEL HORNO

MATERIAL	
Ladrillo mambión	Cemento Portland
Ripio	Hidróxido de calcio
Varilla corrugada	Macadán
Malla electrosoldada	Mortero Refractario
Flujo piroclástico	Cerámica
Ladrillo refractario	Bondex
Cemento Refractario	Melaza
Greda	Arena de rio

3. QUE TIPO DE HORNO CONSIDERA EL IDEAL PARA SU PRODUCCION

TIPO DE HORNOS	
Vertical unifilar	
vertical gemelo	
Horizontal	
Tambor Giratorio	

4. PARA LA CONSTRUCCION DE SU HORNO, UD PREFERE

Calidad \_\_\_\_\_ Cantidad \_\_\_\_\_ Costo \_\_\_\_\_

5. CUAL ES EL VALOR DE FARICACION DE LOS HORNOS DE PRODUCCION DE CAL QUE TIENE \$ \_\_\_\_\_

6. CUAL FUE EL TIEMPO ESTIMADO PARA LA COSNTRUCCION DE LOS HORNOS DE FABRICACION DE CAL \_\_\_\_\_

7. CUANTOS M3/KG POR HORA PRODUCE SU HORNO

**Anexo 10.** Modelo de Encuesta dirigida a los productores de cal

**Elaborado por:** Guevara, Medina 2021



**ENCUESTA DIRIGIDA A LOS CONSTRUCTORES ARTESANALES**

NOMBRE: \_\_\_\_\_

1. QUE TIPO DE HORNOS CONOCE O HA CONSTRUIDO

TIPO DE HORNOS	
Vertical unifilar	
vertical gemelo	
Horizontal	
Tambor Giratorio	

2. QUE MATERIALES HA EMPLEADO EN LA COSNTRUCCION DE HORNOS

MATERIAL	
Ladrillo mambión	Cemento Portland
Ripio	Hidróxido de calcio
Varilla corrugada	Macadán
Malla electrosoldada	Mortero Refractario
Flujo piroclástico	Cerámica
Ladrillo refractario	Bondex
Cemento Refractario	Melaza
Greda	Arena de rio

3. QUE TIEMPO TARDA EN CONSTRUIR EL HORNO DE PRODUCCION DE CAL

UNIFILAR VERTICAL \_\_\_\_\_

GEMELO VERTICAL \_\_\_\_\_

HORIZONTAL \_\_\_\_\_



4. QUE MATERIALES SE CONSIGUEN EN EL PAIS FACILMENTE

MATERIAL	
Ladrillo mambión	Cemento Portland
Ripio	Hidróxido de calcio
Varilla corrugada	Macadán
Malla electrosoldada	Mortero Refractario
Flujo piroclástico	Cerámica
Ladrillo refractario	Bondex
Cemento Refractario	Melaza
Greda	Arena de rio

5. QUE MATERIALES NO SE CONSIGUEN EN EL PAIS FACILMENTE

MATERIAL	
Ladrillo mambión	Cemento Portland
Ripio	Hidróxido de calcio
Varilla corrugada	Macadán
Malla electrosoldada	Mortero Refractario
Flujo piroclástico	Cerámica
Ladrillo refractario	Bondex
Cemento Refractario	Melaza
Greda	Arena de rio

6. PRODRIA REEMPLAZAR LOS MATERIALES ADQUIRIDOS FUERA DEL PAIS  
CON MATERIALES NACIONALES.

**Anexo 11. Modelo de Encuesta dirigida a los constructores artesanales**

**Elaborado por: Guevara, Medina 2021**

## Anexo 12. Desarrollo Encuesta a los productores de cal

Para realizar la validación de datos mediante el sistema SPSS se realizó la tabulación de variables con sus respectivos campos para obtener un análisis adecuado de cada pregunta realizada. Tenemos un total de 11 personas encuestadas y 7 preguntas respondidas.

	Nombre	Tipo	Anchura	Decimales	Etiqueta	Valores	Perdidos	Columnas	Alineación	Medida	Rol
1	CONOCE	Numérico	8	0	CONOCE LOS ...	{1, SI}...	Ninguno	8	Derecha	Nominal	Entrada
2	LADRILLO...	Numérico	8	0	QUE MATERIA...	{1, SI}...	Ninguno	8	Derecha	Nominal	Entrada
3	RIPIO	Numérico	8	0	QUE MATERIA...	{1, SI}...	Ninguno	8	Derecha	Nominal	Entrada
4	VARILLA_C...	Numérico	8	0	QUE MATERIA...	{1, SI}...	Ninguno	8	Derecha	Nominal	Entrada
5	MALLA_EL...	Numérico	8	0	QUE MATERIA...	{1, SI}...	Ninguno	8	Derecha	Nominal	Entrada
6	FLUJO_PIR...	Numérico	8	0	QUE MATERIA...	{1, SI}...	Ninguno	8	Derecha	Nominal	Entrada
7	LADRILLO...	Numérico	8	0	QUE MATERIA...	{1, SI}...	Ninguno	8	Derecha	Nominal	Entrada
8	CEMENTO_...	Numérico	8	0	QUE MATERIA...	{1, SI}...	Ninguno	8	Derecha	Nominal	Entrada
9	GREDA	Numérico	8	0	QUE MATERIA...	{1, SI}...	Ninguno	8	Derecha	Nominal	Entrada
10	CEMENTO_...	Numérico	8	0	QUE MATERIA...	{1, SI}...	Ninguno	8	Derecha	Nominal	Entrada
11	HIDRÓXIDO...	Numérico	8	0	QUE MATERIA...	{1, SI}...	Ninguno	8	Derecha	Nominal	Entrada
12	MACADÁN	Numérico	8	0	QUE MATERIA...	{1, SI}...	Ninguno	8	Derecha	Escala	Entrada
13	MORTERO...	Numérico	8	0	QUE MATERIA...	{1, SI}...	Ninguno	8	Derecha	Escala	Entrada
14	MELAZA	Numérico	8	0	QUE MATERIA...	{1, SI}...	Ninguno	8	Derecha	Escala	Entrada
15	ARENA_RIO	Numérico	8	0	QUE MATERIA...	{1, SI}...	Ninguno	8	Derecha	Nominal	Entrada
16	IDEAL	Numérico	8	0	QUE TIPO DE ...	{1, VERTIC...	Ninguno	8	Derecha	Nominal	Entrada
17	CONSIDER...	Numérico	8	0	PARA LA CON...	{1, CALIDA...	Ninguno	8	Derecha	Ordinal	Entrada
18	VALOR_TIP...	Numérico	8	0	CUAL ES EL V...	Ninguno	Ninguno	8	Derecha	Nominal	Entrada
19	VALOR_TIP...	Numérico	8	0	CUAL ES EL V...	Ninguno	Ninguno	8	Derecha	Nominal	Entrada
20	VALOR_TIP...	Numérico	8	0	CUAL ES EL V...	Ninguno	Ninguno	8	Derecha	Nominal	Entrada
21	TIEMPO_TI...	Numérico	8	1	CUAL FUE EL ...	Ninguno	Ninguno	8	Derecha	Nominal	Entrada
22	TIEMPO_TI...	Numérico	8	1	CUAL FUE EL ...	Ninguno	Ninguno	8	Derecha	Nominal	Entrada
23	TIEMPO_TI...	Numérico	8	1	CUAL FUE EL ...	Ninguno	Ninguno	8	Derecha	Nominal	Entrada
24	PRODUCCI...	Numérico	8	0	CUAL ES LA C...	Ninguno	Ninguno	8	Derecha	Nominal	Entrada

### PREGUNTA 1. ¿Conoce los materiales que componen el horno de cal?

#### Frecuencias

Estadísticos						
CONOCE LOS MATERIALES QUE COMPONE EL HORNO DE CAL						
		Simulación de muestreo <sup>a</sup>				
		Estadístico	Sesgo	Error estándar	Intervalo de confianza al 95%	
					Inferior	Superior
N	Válido	11	0	0	11	11
	Perdidos	0	0	0	0	0
Moda		1				

a. A menos que se indique lo contrario, los resultados de la simulación de muestreo se basan en 1000 muestras de simulación de muestreo

**CONOCE LOS MATERIALES QUE COMPONE EL HORNO DE CAL**

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado	Simulación de muestreo para Porcentaje <sup>a</sup>			
						Sesgo	Error estándar	Intervalo de confianza al 95% Inferior	Superior
Válido	SI	8	72,7	72,7	72,7	,3	12,8	45,5	100,0
	NO	3	27,3	27,3	100,0	-,3	12,8	,0	54,5
	Total	11	100,0	100,0		-2,7	16,2	,0	100,0

a. A menos que se indique lo contrario, los resultados de la simulación de muestreo se basan en 1000 muestras de simulación de muestreo

EL 72.2% de los encuestados respondió favorablemente, sin embargo, se puede deducir que el 27.3% restante tiene un conocimiento no técnico por lo que se continúa desarrollando la encuesta.

**PREGUNTA 2. ¿Que materiales conoce para la fabricación de hornos de cal?**

**CONOCIDOS frecuencias**

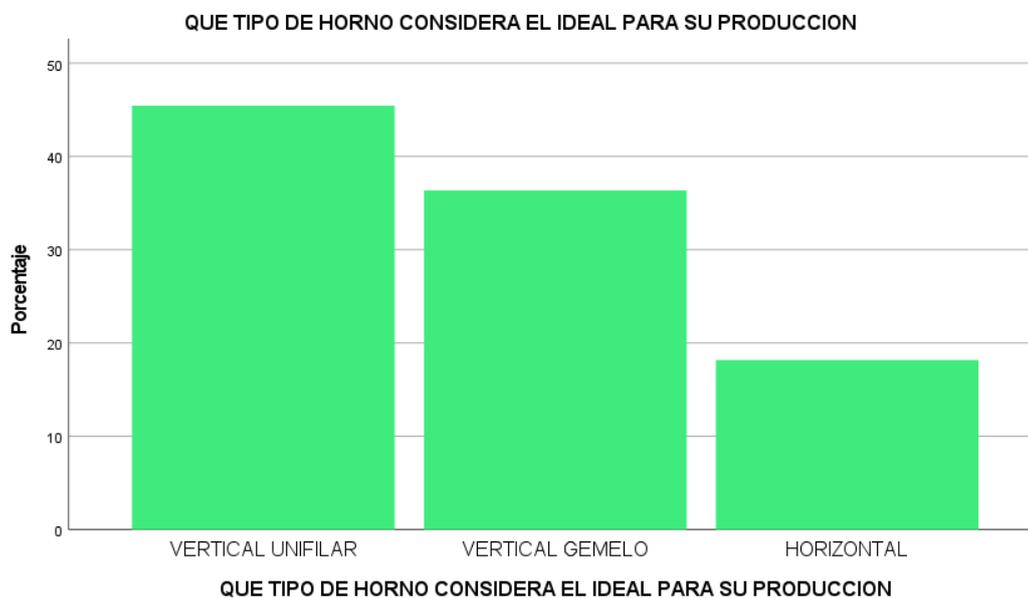
MATERIALES		Respuestas		Porcentaje de casos
		N	Porcentaje	
LADRILLO_MAMBRÓN		11	11,0%	100,0%
RIPIO		11	11,0%	100,0%
VARILLA_CORRUGADA		11	11,0%	100,0%
MALLA_ELECTROSOLDADA		8	8,0%	72,7%
FLUJO_PIROCLÁSTICO		5	5,0%	45,5%
LADRILLO_REFRACTARIO		3	3,0%	27,3%
CEMENTO_REFRACTARIO		3	3,0%	27,3%
GREDA		3	3,0%	27,3%
CEMENTO_PORTLAND		11	11,0%	100,0%
HIDRÓXIDO_CALCIO		5	5,0%	45,5%
MACADÁN		11	11,0%	100,0%
MORTERO_REFRACTARIO		3	3,0%	27,3%
MELAZA		11	11,0%	100,0%
ARENA_RIO		4	4,0%	36,4%
Total		100	100,0%	909,1%

a. Grupo de dicotomía tabulado en el valor 1.

La segunda pregunta representa un listado de materiales propuesto de los cuales se evaluó el conocimiento de los productores en cuanto a su incidencia en la construcción de los hornos de producción de cal. El resultado evidencia una tabla de frecuencia con los porcentajes correspondientes al número de encuestados que respondieron favorablemente. Llevando así a contrarrestar nuestro modelo propuesto.

**PREGUNTA 3. ¿QUE TIPO DE HORNO CONSIDERA EL IDEAL PARA SU PRODUCCION?**

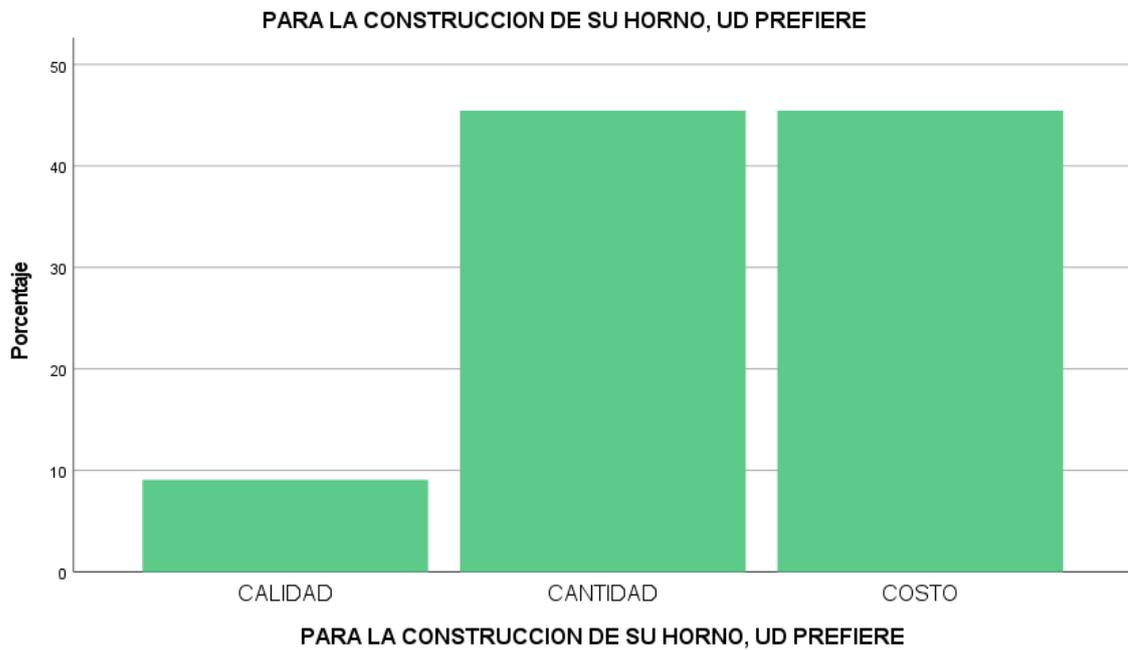
		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	VERTICAL UNIFILAR	5	45,5	45,5	45,5
	VERTICAL GEMELO	4	36,4	36,4	81,8
	HORIZONTAL	2	18,2	18,2	100,0
	Total	11	100,0	100,0	



Esta pregunta muestra la preferencia de los productores al momento de seleccionar su horno para producción de cal, revelando que los ideales son los verticales preferentemente unifilares.

**PREGUNTA 4. ¿PARA LA CONSTRUCCION DE SU HORNO, UD PREFIERE?**

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	CALIDAD	1	9,1	9,1	9,1
	CANTIDAD	5	45,5	45,5	54,5
	COSTO	5	45,5	45,5	100,0
	Total	11	100,0	100,0	



Podemos evidenciar que, al momento de seleccionar un horno de producción de cal, los productores escogieron según la cantidad de cal que produce y el costo de construcción de este, dejando a un lado la calidad del horno en cuanto a su sistema constructivo.

**PREGUNTA 5. VALOR DE FABRICACION DE LOS HORNOS DE PRODUCCION DE CAL**

**COSTO HORNO HORIZONTAL**

**COSTO VERTICAL GEMELO**

**Estadísticos**

N	Válido	11
	Perdidos	0
Media		<b>23263,64</b>
Mínimo		2900
Máximo		31000

**Estadísticos**

N	Válido	11
	Perdidos	0
Media		<b>106000,00</b>
Mínimo		80000
Máximo		160000

**COSTO UNIFILAR VERTICAL**

**Estadísticos**

N	Válido	11
	Perdidos	0
Media		<b>12672,73</b>
Mínimo		8000
Máximo		18000

Los datos en las tablas correspondientes validan los costos de fabricación de los hornos de producción de cal según su tipo, ya sea vertical unifilar, gemelo u horizontal. Evidenciando un promedio del valor requerido para cada tipo de horno.

## PREGUNTA 6

### TIEMPO DE CONSTRUCCION

#### HORNO VERTICAL GEMELO

##### Estadísticos

N	Válido	11
	Perdidos	0
Media		<b>4,073</b>
Mínimo		3,5
Máximo		5,0

#### HORNO HORIZONTAL

##### Estadísticos

N	Válido	11
	Perdidos	0
Media		8,091
Mínimo		6,5
Máximo		9,5

#### HORNO VERTICAL UNIFILAR

##### Estadísticos

N	Válido	11
	Perdidos	0
Media		<b>2,500</b>
Mínimo		2,0
Máximo		3,5

El tiempo de construcción depende del tipo de horno que se desea construir, los datos nos muestran un promedio de tiempo. Para el horno vertical unifilar 2,5 meses; para el horno vertical gemelo 4 meses y para el horno horizontal un tiempo de 8 meses.

## PREGUNTA 7

### CAPACIDAD DE PRODUCCION

#### HORNO VERTICAL UNIFILAR

##### Estadísticos

N	Válido	11
	Perdidos	0
Media		233,64
Mínimo		190
Máximo		280

#### HORNO VERTICAL GEMELO

##### Estadísticos

N	Válido	11
	Perdidos	0
Media		302,73
Mínimo		250
Máximo		380

#### PRODUCCION HORNO HORIZONTAL

##### Estadísticos

N	Válido	11
	Perdidos	0
Media		450,91
Mínimo		390
Máximo		520

La producción de cal según el tipo de horno varia, aquí podemos evidenciar el promedio de producción de cada horno según su tipo, siendo más favorable el horno horizontal con una producción mayor.

**Anexo 13.** Desarrollo de Encuesta dirigida a los Constructores artesanales

**PREGUNTA 1. ¿QUE TIPO DE HORNOS CONOCE O HA CONSTRUIDO?**

**TIPO DE HORNOS CONOCIDOS**

		Respuestas		Porcentaje de casos
		N	Porcentaje	
CONOCIDOS	UNIFILAR VERTICAL	3	42,9%	100,0%
	GEMELO VERTICAL	3	42,9%	100,0%
	HORIZONTAL	1	14,3%	33,3%
Total		7	100,0%	233,3%

**PREGUNTA 2. ¿QUE MATERIALES HA EMPLEADO EN LA COSNTRUCCION DE HORNOS?**

**MATERIAL\_USADO**

		Respuestas		Porcentaje de casos
		N	Porcentaje	
UTILIZADO	LADRILLO_MAMBRÓN	3	8,6%	100,0%
	RIPIO	3	8,6%	100,0%
	VARILLA_CORRUGADA	3	8,6%	100,0%
	MALLA_ELECTROSOLDADA	3	8,6%	100,0%
	FLUJO_PIROCLÁSTICO	3	8,6%	100,0%
	LADRILLO_REFRACTARIO	3	8,6%	100,0%
	CEMENTO_REFRACTARIO	3	8,6%	100,0%
	GREDA	1	2,9%	33,3%
	CEMENTO_PORTLAND	3	8,6%	100,0%
	HIDRÓXIDO_CALCIO	1	2,9%	33,3%
	MACADÁN	3	8,6%	100,0%
	MORTERO_REFRACTARIO	3	8,6%	100,0%
	MELAZA	1	2,9%	33,3%
	ARENA_RIO	2	5,7%	66,7%

**PREGUNTA 3. ¿QUE TIEMPO TARDA EN CONSTRUIR EL HORNO DE PRODUCCION DE CAL?**

TIEMPO DE CONSTRUCCION-MESES

**Estadísticos**

VERTICAL UNIFILAR

N	Válido	3
	Perdidos	0
Moda		2,5

**Estadísticos**

VERTICAL GEMELO

N	Válido	3
	Perdidos	0
Moda		3,5

**Estadísticos**

HORIZONTAL

N	Válido	3
	Perdidos	0
Moda		8,0

**PREGUNTA 4. ¿QUE MATERIALES SE CONSIGUEN EN EL PAIS FACILMENTE?**

**MATERIALES DE FACIL ADQUISICION**

		Respuestas		Porcentaje de casos
		N	Porcentaje	
FACIL ADQUISICION	LADRILLO_MAMBRÓN	3	9,4%	100,0%
	RIPIO	3	9,4%	100,0%
	VARILLA_CORRUGADA	3	9,4%	100,0%
	MALLA_ELECTROSOLDADA	3	9,4%	100,0%
	FLUJO_PIROCLÁSTICO	3	9,4%	100,0%
	GREDA	3	9,4%	100,0%
	CEMENTO_PORTLAND	3	9,4%	100,0%

HIDRÓXIDO_CALCIO	3	9,4%	100,0%
MACADÁN	3	9,4%	100,0%
MELAZA	2	6,3%	66,7%
ARENA_RIO	3	9,4%	100,0%

**PREGUNTA 6. PRODRIA REEMPLAZAR LOS MATERIALES ADQUIRIDOS FUERA DEL PAIS CON MATERIALES NACIONALES**

**SE PUEDE CAMBIAR O REEMPLAZAR**

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	SI	2	66,7	66,7	66,7
	NO	1	33,3	33,3	100,0
	Total	3	100,0	100,0	

				PLANTA 3	ÁREA 1	ÁREA 2	ÁREA 3				
ANÁLISIS POR m <sup>2</sup> LADRILLO MAMBRÓN					3.705	2.3436	4.68				33.5544
				PLANTA 2	ÁREA 1	ÁREA 2	ÁREA 3	ÁREA 4	ÁREA 5 ARCO		
Dimensiones de ladrillo Mambión					5.402	3.6	4.34	6.18	1.08	69.388	
Mortero				2.5		cm					
				PLANTA 1	ÁREA 1	ÁREA 2	ÁREA 3	ÁREA 4			
					2.28	2.88	2.28	2.52	30.24		
				# ladrillos		# ladrillos					
horizontal				3	vertical		8				
87				10	76	22.5	TOTAL		133.1824 m <sup>2</sup>		
97 cm				98.5 cm				3533		LADRILLOS	
total de ladrillos				24							
total + 5% desperdicios				26		ladrillos					

**Anexo 14. Cálculo del Total de Ladrillo Mambión en Excel.**

**Elaborado por:** Guevara, Medina 2021

ANÁLISIS POR m <sup>2</sup> PIEDRA VOLCÁNICA				PLANTA 3	ÁREA 1	ÁREA 2	
	largo (cm)	ancho (cm)	altura (cm)		5.34	4.1	18.88
Dimensiones de Piedra Volcánica	40	25	22				
Mortero	8			cm			
				PLANTA 2	ÁREA 1	ÁREA 2	10.64
					3.64	1.68	
				PLANTA 1	ÁREA 1	ÁREA 2	ÁREA 3
	# PIEDRAS				2.54	2	1.1
	horizontal	2	vertical	3			
	80	24	66	32			11.28
	104 cm			98 cm			
	total de ladrillos	6					TOTAL
	total + 5% desperdicios	7		PIEDRAS VOLCÁNICAS			40.8 m <sup>2</sup>
							286 PIEDRAS

Anexo 15. Cálculo del total de Piedra Volcánica en Excel.

Elaborado por: Guevara, Medina 2021

ANÁLISIS POR m <sup>2</sup> LADRILLO REFRACTARIO				42M-1A	PARED LATERAL	PLANTA 2	ÁREA 1	ÁREA 2	ÁREA 3 ARCO	
	largo (cm)	ancho (cm)	altura (cm)				3.64	1.68	5.65	36.065
Dimensiones de Piedra Volcánica	22.9	11.4	6.3							
Mortero Refractario	0.5			cm						
										TOTAL
	# LADRILLOS									36.065 m <sup>2</sup>
	horizontal	4.5	vertical	14						
	103.05	2.75	88.2	7.5						2416 LADRILLOS
	105.8 cm			95.7 cm						
	total de ladrillos	63								
	total + 5% desperdicios	67		LADRILLOS REFRACTARIOS						

Anexo 16. Cálculo del total de Ladrillo Refractario (Cámara de Cocción) en Excel.

Elaborado por: Guevara, Medina 2021

ANÁLISIS POR m <sup>2</sup> LADRILLO REFRACTARIO					42M-S	PARED ARCO	PLANTA 2	ÁREA 1 ARCO	
	largo (cm)	ancho sup (cm)	altura (cm)	ancho inf (cm)					
Dimensiones de Piedra Volcánica	22.9	11.4	6.3	5.4					
Mortero Refractario	0.5				cm			1.08	2.16
	# PIEDRAS								
	horizontal	4.5	vertical	15					TOTAL
	103.05	2.75	94.5	8					2.16 m <sup>2</sup>
	105.8 cm			102.5 cm					153 LADRILLOS
	total de ladrillos	67.5							
	total + 5% desperdicios	71			LADRILLOS REFRACTARIOS				

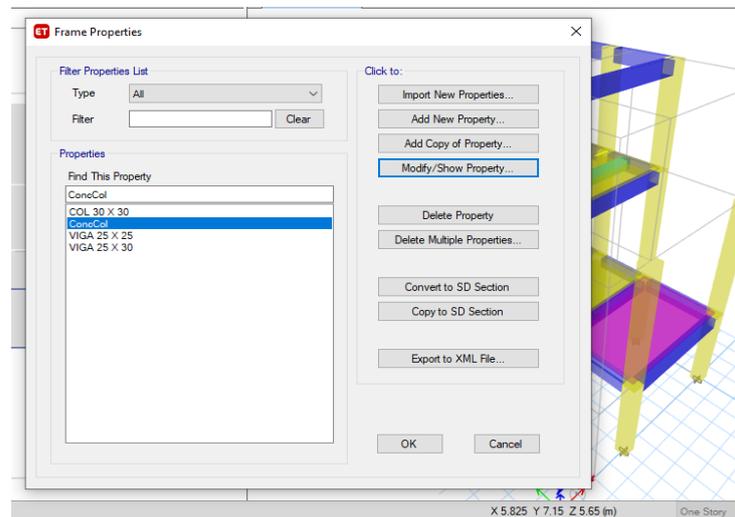
Anexo 17. Cálculo del total de Refractario (Arco de la Cámara de Cocción) en Excel.

Elaborado por: Guevara, Medina 2021

<b>Cálculos:</b>			
<b>Peso Ladrillo Mambón:</b>	0.177 Ton	<b>CARGA VIVA (NEC)</b>	0.480 Ton/m <sup>2</sup>
<b>Peso Piedra Volcánica:</b>	0.343 Ton		
<b>Peso Ladrillo Refractario (1A):</b>	0.280 Ton		
<b>Peso Ladrillo Refractario (S):</b>	0.300 Ton		
<b>Peso Mortero:</b>	0.19 Ton		
<b>Peso Mortero Refractario:</b>	0.185 Ton		
<b>Total CARGA MUERTA</b>	<b>1.475 Ton</b>	0.367 Ton	

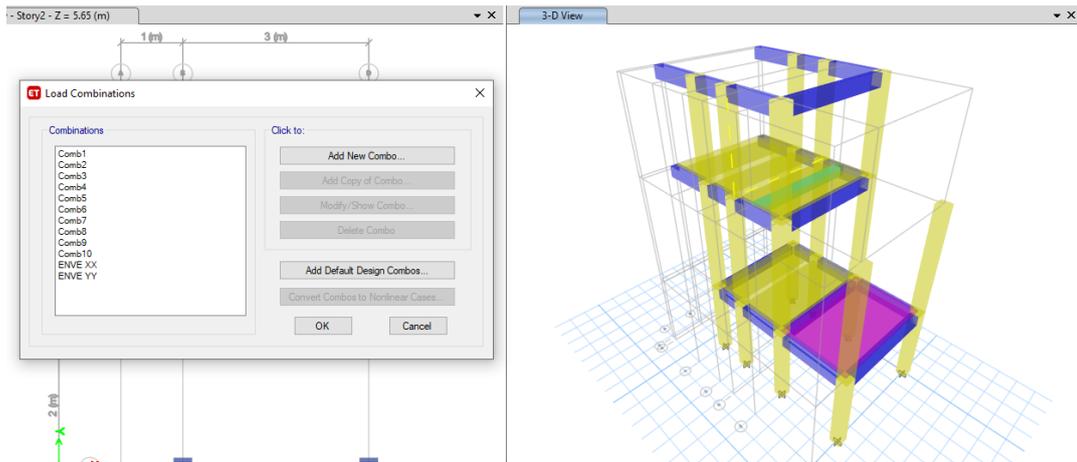
**Anexo 18.** Cálculo de la Carga Muerta mediante Excel

**Elaborado por:** Guevara, Medina 2021



**Anexo 19.** Secciones del modelo Inicial consideradas en ETABS 18 02.

**Elaborado por:** Guevara, Medina 2021



**Anexo 20.** Combinaciones de carga según NEC-SE-CG-Cargas-Sísmicas (Cap. 3.4)

**Elaborado por:** Guevara, Medina 2021

Case	Mode	Period sec	UX	UY	UZ	SumUX	SumUY	SumUZ	RX
Modal	1	0.461	0.6858	0	0	0.6858	0	0	0
Modal	2	0.302	0	0.7576	0	0.6858	0.7576	0	0.3196
Modal	3	0.243	0.0299	0	0	0.7157	0.7576	0	0
Modal	4	0.122	0.2189	0	0	0.9346	0.7576	0	0
Modal	5	0.098	0	0.2401	0	0.9346	0.9977	0	0.6665
Modal	6	0.088	0.0314	0	0	0.9659	0.9977	0	0
Modal	7	0.077	0.0339	0	0	0.9998	0.9977	0	0
Modal	8	0.058	0	0.0023	0	0.9998	1	0	0.0139
Modal	9	0.056	0.0002	0	0	1	1	0	0
Modal	10	0.003	0	0	0	1	1	0	0
Modal	11	0.002	0	0	0	1	1	0	0
Modal	12	0.001	0	0	0	1	1	0	0

**Anexo 21.** Periodo de Vibración de la Estructura Inicial (ETABS 2018).

**Elaborado por:** Guevara, Medina 2021

TABLE: Story Drifts

Story	Output Case	Case Type	Step Type	Step Number	Direction	Drift	Label	X	Y	Z	Drift Inelastic	CONTROL
								m	m	m		
Story 3	Dead	LinStatic			Y	0.000018	10	2	5.9	8.1	0.00945	CUMPLE
Story 3	Live	LinStatic			Y	0.000008	10	2	5.9	8.1	0.0042	CUMPLE
Story 3	Modal	LinModEi gen	Mode	1	X	0.000041	11	5	5.9	8.1	0.021525	CUMPLE
Story 3	Modal	LinModEi gen	Mode	2	Y	0.000015	3	2	3.5	8.1	0.007875	CUMPLE
Story 3	Modal	LinModEi gen	Mode	3	X	0.000024	11	5	5.9	8.1	0.0126	CUMPLE
Story 3	Modal	LinModEi gen	Mode	4	X	0.000179	11	5	5.9	8.1	0.093975	CUMPLE
Story 3	Modal	LinModEi gen	Mode	5	Y	0.000051	3	2	3.5	8.1	0.026775	CUMPLE
Story 3	Modal	LinModEi gen	Mode	6	X	0.000116	10	2	5.9	8.1	0.0609	CUMPLE
Story 3	Modal	LinModEi gen	Mode	7	X	0.000199	10	2	5.9	8.1	0.104475	CUMPLE
Story 3	Modal	LinModEi gen	Mode	8	Y	0.000241	10	2	5.9	8.1	0.126525	CUMPLE
Story 3	Modal	LinModEi gen	Mode	9	X	0.000286	10	2	5.9	8.1	0.15015	CUMPLE
Story 3	Modal	LinModEi gen	Mode	10	Y	0.000038	11	5	5.9	8.1	0.01995	CUMPLE
Story 3	Modal	LinModEi gen	Mode	11	X	0.000825	11	5	5.9	8.1	0.433125	CUMPLE
Story 3	Modal	LinModEi gen	Mode	12	X	0.000174	10	2	5.9	8.1	0.09135	CUMPLE
Story 3	PP	LinStatic			Y	0.000023	10	2	5.9	8.1	0.012075	CUMPLE
Story 3	CSX	LinStatic			X	0.00436	11	5	5.9	8.1	2.289	NO CUMPLE
Story 3	CSY	LinStatic			Y	0.000765	6	5	2	8.1	0.401625	CUMPLE
Story 3	Comb1	Combinati on			Y	0.000007	3	2	3.5	8.1	0.003675	CUMPLE
Story 3	Comb2	Combinati on			Y	0.000006	10	2	5.9	8.1	0.00315	CUMPLE
Story 3	Comb3	Combinati on			X	0.00436	11	5	5.9	8.1	2.289	NO CUMPLE
Story 3	Comb4	Combinati on			X	0.00436	11	5	5.9	8.1	2.289	NO CUMPLE
Story 3	Comb5	Combinati on			Y	0.000763	6	5	2	8.1	0.400575	CUMPLE
Story 3	Comb6	Combinati on			Y	0.000767	6	5	2	8.1	0.402675	CUMPLE
Story 3	Comb7	Combinati on			X	0.00436	11	5	5.9	8.1	2.289	NO CUMPLE
Story 3	Comb8	Combinati on			X	0.00436	11	5	5.9	8.1	2.289	NO CUMPLE
Story 3	Comb9	Combinati on			Y	0.000769	6	5	2	8.1	0.403725	CUMPLE
Story 3	Comb10	Combinati on			Y	0.000022	10	2	5.9	8.1	0.01155	CUMPLE
Story 3	ENVE XX	Combinati on	Max		X	0.00436	11	5	5.9	8.1	2.289	NO CUMPLE

Stor y3	ENVE XX	Combinati on	Max		Y	0.0004 28	3	2	3. 5	8.1	0.2247	CUMPLE
Stor y3	ENVE XX	Combinati on	Min		X	0.0043 6	11	5	5. 9	8.1	2.289	NO CUMPLE
Stor y3	ENVE XX	Combinati on	Min		Y	0.0004 25	3	2	3. 5	8.1	0.223125	CUMPLE
Stor y3	ENVE YY	Combinati on	Max		Y	0.0007 69	6	5	2	8.1	0.403725	CUMPLE
Stor y3	ENVE YY	Combinati on	Min		Y	0.0007 67	6	5	2	8.1	0.402675	CUMPLE
Stor y2	Dead	LinStatic			Y	0.0000 09	7	2	0	5.6 5	0.004725	CUMPLE
Stor y2	Live	LinStatic			Y	0.0000 05	7	2	0	5.6 5	0.002625	CUMPLE
Stor y2	Modal	LinModEi gen	Mode	1	X	0.0000 48	2	5	4. 5	5.6 5	0.0252	CUMPLE
Stor y2	Modal	LinModEi gen	Mode	2	Y	0.0000 44	7	2	0	5.6 5	0.0231	CUMPLE
Stor y2	Modal	LinModEi gen	Mode	3	X	0.0000 79	8	5	0	5.6 5	0.041475	CUMPLE
Stor y2	Modal	LinModEi gen	Mode	4	X	0.0000 48	2	5	4. 5	5.6 5	0.0252	CUMPLE
Stor y2	Modal	LinModEi gen	Mode	5	Y	0.0000 73	7	2	0	5.6 5	0.038325	CUMPLE
Stor y2	Modal	LinModEi gen	Mode	6	X	0.0001 23	8	5	0	5.6 5	0.064575	CUMPLE
Stor y2	Modal	LinModEi gen	Mode	7	X	0.0000 94	2	5	4. 5	5.6 5	0.04935	CUMPLE
Stor y2	Modal	LinModEi gen	Mode	8	Y	0.0000 46	7	2	0	5.6 5	0.02415	CUMPLE
Stor y2	Modal	LinModEi gen	Mode	9	X	0.0000 84	8	5	0	5.6 5	0.0441	CUMPLE
Stor y2	Modal	LinModEi gen	Mode	10	Y	3.575E- 07	7	2	0	5.6 5	0.0001876 9	CUMPLE
Stor y2	Modal	LinModEi gen	Mode	11	X	0.0000 17	2	5	4. 5	5.6 5	0.008925	CUMPLE
Stor y2	Modal	LinModEi gen	Mode	12	X	0.0000 08	8	5	0	5.6 5	0.0042	CUMPLE
Stor y2	PP	LinStatic			Y	0.0000 12	7	2	0	5.6 5	0.0063	CUMPLE
Stor y2	CSX	LinStatic			X	0.0050 92	2	5	4. 5	5.6 5	2.6733	NO CUMPLE
Stor y2	CSY	LinStatic			Y	0.0020 69	8	5	0	5.6 5	1.086225	CUMPLE
Stor y2	Comb1	Combinati on			Y	0.0000 04	8	5	0	5.6 5	0.0021	CUMPLE
Stor y2	Comb2	Combinati on			Y	0.0000 04	7	2	0	5.6 5	0.0021	CUMPLE
Stor y2	Comb3	Combinati on			X	0.0050 92	2	5	4. 5	5.6 5	2.6733	NO CUMPLE
Stor y2	Comb4	Combinati on			X	0.0050 92	2	5	4. 5	5.6 5	2.6733	NO CUMPLE
Stor y2	Comb5	Combinati on			Y	0.0020 68	8	5	0	5.6 5	1.0857	CUMPLE
Stor y2	Comb6	Combinati on			Y	0.0020 7	8	5	0	5.6 5	1.08675	CUMPLE
Stor y2	Comb7	Combinati on			X	0.0050 92	2	5	4. 5	5.6 5	2.6733	NO CUMPLE
Stor y2	Comb8	Combinati on			X	0.0050 92	2	5	4. 5	5.6 5	2.6733	NO CUMPLE

Stor y2	Comb9	Combinati on		Y	0.0020 71	8	5	0	5.6 5	1.087275	CUMPLE
Stor y2	Comb10	Combinati on		Y	0.0000 12	7	2	0	5.6 5	0.0063	CUMPLE
Stor y2	ENVE XX	Combinati on	Max	X	0.0050 92	2	5	4. 5	5.6 5	2.6733	NO CUMPLE
Stor y2	ENVE XX	Combinati on	Max	Y	0.0004 7	5	2	2	5.6 5	0.24675	CUMPLE
Stor y2	ENVE XX	Combinati on	Min	X	0.0050 92	2	5	4. 5	5.6 5	2.6733	NO CUMPLE
Stor y2	ENVE XX	Combinati on	Min	Y	0.0004 69	5	2	2	5.6 5	0.246225	CUMPLE
Stor y2	ENVE YY	Combinati on	Max	Y	0.0020 71	8	5	0	5.6 5	1.087275	CUMPLE
Stor y2	ENVE YY	Combinati on	Min	Y	0.0020 7	8	5	0	5.6 5	1.08675	CUMPLE
Stor y1	Dead	LinStatic		Y	0.0000 01	7	2	0	2.4	0.000525	CUMPLE
Stor y1	Live	LinStatic		Y	0	7	2	0	2.4	0	CUMPLE
Stor y1	Modal	LinModEi gen	Mode	1 X	0.0000 24	2	5	4. 5	2.4	0.0126	CUMPLE
Stor y1	Modal	LinModEi gen	Mode	2 Y	0.0000 25	7	2	0	2.4	0.013125	CUMPLE
Stor y1	Modal	LinModEi gen	Mode	3 X	0.0000 43	8	5	0	2.4	0.022575	CUMPLE
Stor y1	Modal	LinModEi gen	Mode	4 X	0.0000 83	2	5	4. 5	2.4	0.043575	CUMPLE
Stor y1	Modal	LinModEi gen	Mode	5 Y	0.0000 83	7	2	0	2.4	0.043575	CUMPLE
Stor y1	Modal	LinModEi gen	Mode	6 X	0.0001 25	8	5	0	2.4	0.065625	CUMPLE
Stor y1	Modal	LinModEi gen	Mode	7 X	0.0000 69	2	5	4. 5	2.4	0.036225	CUMPLE
Stor y1	Modal	LinModEi gen	Mode	8 Y	0.0000 16	7	2	0	2.4	0.0084	CUMPLE
Stor y1	Modal	LinModEi gen	Mode	9 X	0.0000 25	8	5	0	2.4	0.013125	CUMPLE
Stor y1	Modal	LinModEi gen	Mode	10 Y	0	7	2	0	2.4	0	CUMPLE
Stor y1	Modal	LinModEi gen	Mode	11 X	6.472E- 09	2	5	4. 5	2.4	3.3978E- 06	CUMPLE
Stor y1	Modal	LinModEi gen	Mode	12 X	0	8	5	0	2.4	0	CUMPLE
Stor y1	PP	LinStatic		Y	0.0000 03	7	2	0	2.4	0.001575	CUMPLE
Stor y1	CSX	LinStatic		X	0.0026 46	2	5	4. 5	2.4	1.38915	CUMPLE
Stor y1	CSY	LinStatic		Y	0.0012 28	8	5	0	2.4	0.6447	CUMPLE
Stor y1	Comb1	Combinati on		Y	0.0000 02	7	2	0	2.4	0.00105	CUMPLE
Stor y1	Comb2	Combinati on		Y	0.0000 02	8	5	0	2.4	0.00105	CUMPLE
Stor y1	Comb3	Combinati on		X	0.0026 46	2	5	4. 5	2.4	1.38915	CUMPLE
Stor y1	Comb4	Combinati on		X	0.0026 46	2	5	4. 5	2.4	1.38915	CUMPLE
Stor y1	Comb5	Combinati on		Y	0.0012 29	8	5	0	2.4	0.645225	CUMPLE

Stor y1	Comb6	Combinati on		Y	0.0012 26	8	5	0	2.4	0.64365	CUMPLE
Stor y1	Comb7	Combinati on		X	0.0026 46	2	5	4. 5	2.4	1.38915	CUMPLE
Stor y1	Comb8	Combinati on		X	0.0026 46	2	5	4. 5	2.4	1.38915	CUMPLE
Stor y1	Comb9	Combinati on		Y	0.0012 29	8	5	0	2.4	0.645225	CUMPLE
Stor y1	Comb10	Combinati on		Y	0.0000 03	7	2	0	2.4	0.001575	CUMPLE
Stor y1	ENVE XX	Combinati on	Max	X	0.0026 46	2	5	4. 5	2.4	1.38915	CUMPLE
Stor y1	ENVE XX	Combinati on	Max	Y	0.0003 16	1	2	4. 5	2.4	0.1659	CUMPLE
Stor y1	ENVE XX	Combinati on	Min	X	0.0026 46	2	5	4. 5	2.4	1.38915	CUMPLE
Stor y1	ENVE XX	Combinati on	Min	Y	0.0003 13	1	2	4. 5	2.4	0.164325	CUMPLE
Stor y1	ENVE YY	Combinati on	Max	Y	0.0012 29	8	5	0	2.4	0.645225	CUMPLE
Stor y1	ENVE YY	Combinati on	Min	Y	0.0012 26	8	5	0	2.4	0.64365	CUMPLE

**Anexo 22.** Tabla de Derivas de Piso (ETABS 2018 y EXCEL 2016).

**Elaborado por:** Guevara, Medina 2021

TABLE: Centers Of Mass And Rigidity													
Story	Diaphragm	Mass X	Mass Y	XC M	YCM	Cum Mass X	Cum Mass Y	XCC M	YCC M	XC R	YC R	EEX X	EEY Y
		tonf- s <sup>2</sup> /m	tonf- s <sup>2</sup> /m	m	m	tonf- s <sup>2</sup> /m	tonf-s <sup>2</sup> /m	m	m	m	m	m	m
Story 1	D1	2.3	2.3	3.5	2.66	2.3	2.3	3.5	2.66	3.5	2.4 1	0	0.24
Story 2	D2	1.86	1.86	3.5	3.11	1.86	1.86	3.5	3.11	3.5	2.5 4	0	0.56
Story 3	D3	0.33	0.33	3.5	3.36	0.33	0.33	3.5	3.36	3.5	2.3	0	1.06

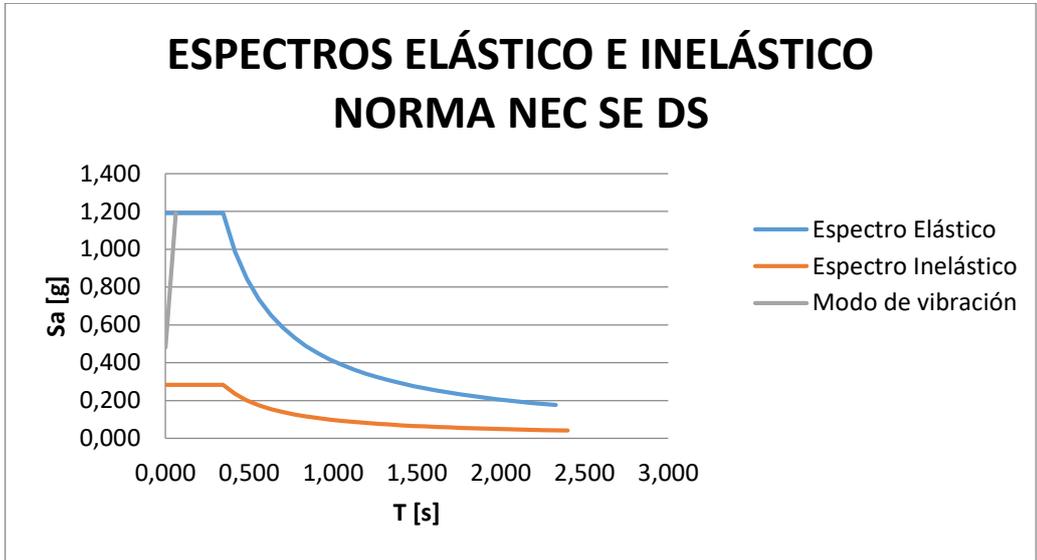
**Anexo 23.** Tabla de Centros de Masas y Rigideces (ETABS 2018 y EXCEL 2016).

**Elaborado por:** Guevara, Medina 2021

<b>DISEÑO BASADO EN FUERZAS DBF</b>				
<b>MÉTODO ESTÁTICO</b>				
<b>Parámetro</b>	<b>Variable</b>	<b>Valor</b>	<b>Unidad</b>	<b>Referencia</b>
<b>Ubicación</b>		Riobamba		Sec 3.3.1
<b>Zona Sísmica</b>		V		Tabla 1.Sec 3.1.1
<b>Factor de aceleración de la zona sísmica</b>	Z	0.4		Tabla 1.Sec 3.1.1
<b>Provincia</b>		SIERRA		
<b>Relación de amplificación espectral</b>	n	2.48		Sec 3.1.1
<b>Tipo de perfil del suelo</b>		B		Tabla 2.Sec 3.1.1
<b>Factor asociado al periodo de retorno</b>	r	1.00		Sec 3.3.1
<b>Factor de sitio Fa</b>	Fa	1.20		Tabla 3.Sec 3.2.2
<b>Factor de sitio Fd</b>	Fd	1.00		Tabla 4.Sec 3.2.2
<b>Factor de comportam. inelástico suelo</b>	Fs	0.75		Tabla 5.Sec 3.2.2
<b>Sistema estructural</b>				Tabla 15.Sec 6.3.4
<b>Factor de reducción de respuesta</b>	R	7		Tabla 15.Sec 6.3.4
<b>Categoría</b>				
<b>Factor de importancia</b>	I	1.5		Tabla 6.Sec 4.1
<b>Factor de irregularidad en planta</b>	$\Phi_p$	1.00		Tabla 13.Sec 5.2.3
<b>Factor de irregularidad en elevación</b>	$\Phi_e$	0.90		Tabla 14.Sec 5.2.3
<b>Aceleración de la gravedad</b>	g	9.81	m/s <sup>2</sup>	
<b>%de reducción de respuesta</b>	f	0.158730159		% energía R.LINEAL
		0.841269841		% energía R.no LINEAL
<b>Periodo Modo 1</b>	T	0.264	s	
<b>Coefficiente relacionado con el T</b>	k	0.882		Sec 6.3.5
<b>Altura máxima del edificio</b>	hn	8.1	m	Sec 6.3.3
<b>Tipo de estructura</b>				Sec 6.3.3
<b>Coefficiente</b>	Ct	0.055		Sec 6.3.3
<b>Coefficiente</b>	$\alpha$	0.750		Sec 6.3.3
<b>Periodo Método 1</b>	T1	0.264	s	Sec 6.3.3
<b>Periodo Método 2</b>	T2	0.343	s	Sec 6.3.3
<b>Periodo Estructura</b>		0.342		

**Anexo 24.** Tabla de las Condiciones del Lugar donde se desarrolló la Config. Inicial.

**Elaborado por:** Guevara, Medina 2021



**Anexo 25.** Espectro Elástico e Inelástico (EXCEL 2016).

**Elaborado por:** Guevara, Medina 2021

*TABLE: Story Drifts*

Story	Output Case	Case Type	Step Type	Step Number	Direction	Drift	Label	X	Y	Z	Drift Inelástico	CONTROL
								m	m	m		
Story 3	Dead	LinStatic			Y	0.000017	10	2	5.9	8.1	0.008925	CUMPLE
Story 3	Live	LinStatic			Y	0.000007	10	2	5.9	8.1	0.003675	CUMPLE
Story 3	Modal	LinModEi gen	Mode	1	X	0.000033	10	2	5.9	8.1	0.017325	CUMPLE
Story 3	Modal	LinModEi gen	Mode	2	Y	0.000018	6	5	2	8.1	0.00945	CUMPLE
Story 3	Modal	LinModEi gen	Mode	3	X	0.000028	11	5	5.9	8.1	0.0147	CUMPLE
Story 3	Modal	LinModEi gen	Mode	4	Y	0.000078	6	5	2	8.1	0.04095	CUMPLE
Story 3	Modal	LinModEi gen	Mode	5	X	0.000219	11	5	5.9	8.1	0.114975	CUMPLE
Story 3	Modal	LinModEi gen	Mode	6	X	0.000035	11	5	5.9	8.1	0.018375	CUMPLE
Story 3	Modal	LinModEi gen	Mode	6	Y	0.000024	6	5	2	8.1	0.0126	CUMPLE
Story 3	Modal	LinModEi gen	Mode	7	Y	0.000214	11	5	5.9	8.1	0.11235	CUMPLE
Story 3	Modal	LinModEi gen	Mode	8	X	0.000306	10	2	5.9	8.1	0.16065	CUMPLE

Story 3	Modal	LinModEi gen	Mode	8	Y	0.000136	10	2	5.9	8.1	0.0714	CUMPLE
Story 3	Modal	LinModEi gen	Mode	9	X	0.000264	6	5	2	8.1	0.1386	CUMPLE
Story 3	Modal	LinModEi gen	Mode	10	X	0	10	2	5.9	8.1	0	CUMPLE
Story 3	Modal	LinModEi gen	Mode	10	Y	0	11	5	5.9	8.1	0	CUMPLE
Story 3	Modal	LinModEi gen	Mode	11	X	0.000094	10	2	5.9	8.1	0.04935	CUMPLE
Story 3	Modal	LinModEi gen	Mode	12	Y	0.000039	10	2	5.9	8.1	0.020475	CUMPLE
Story 3	PP	LinStatic			X	0.000003	11	5	5.9	8.1	0.001575	CUMPLE
Story 3	PP	LinStatic			Y	0.000025	10	2	5.9	8.1	0.013125	CUMPLE
Story 3	CSX	LinStatic			X	0.001916	11	5	5.9	8.1	1.0059	CUMPLE
Story 3	CSY	LinStatic			Y	0.001002	6	5	2	8.1	0.52605	CUMPLE
Story 3	Comb1	Combinati on			X	0.000003	6	5	2	8.1	0.001575	CUMPLE
Story 3	Comb1	Combinati on			Y	0.000012	11	5	5.9	8.1	0.0063	CUMPLE
Story 3	Comb2	Combinati on			X	0.000003	6	5	2	8.1	0.001575	CUMPLE
Story 3	Comb2	Combinati on			Y	0.000001	10	2	5.9	8.1	0.000525	CUMPLE
Story 3	Comb3	Combinati on			X	0.001917	11	5	5.9	8.1	1.006425	CUMPLE
Story 3	Comb4	Combinati on			X	0.001915	11	5	5.9	8.1	1.005375	CUMPLE
Story 3	Comb5	Combinati on			Y	0.001006	6	5	2	8.1	0.52815	CUMPLE
Story 3	Comb6	Combinati on			Y	0.000998	6	5	2	8.1	0.52395	CUMPLE
Story 3	Comb7	Combinati on			X	0.001917	11	5	5.9	8.1	1.006425	CUMPLE
Story 3	Comb8	Combinati on			X	0.001915	11	5	5.9	8.1	1.005375	CUMPLE
Story 3	Comb9	Combinati on			Y	0.00101	6	5	2	8.1	0.53025	CUMPLE
Story 3	Comb10	Combinati on			X	0.000003	11	5	5.9	8.1	0.001575	CUMPLE
Story 3	Comb10	Combinati on			Y	0.000024	10	2	5.9	8.1	0.0126	CUMPLE
Story 3	ENVE XX	Combinati on	Max		X	0.001917	11	5	5.9	8.1	1.006425	CUMPLE
Story 3	ENVE XX	Combinati on	Max		Y	0.000624	6	5	2	8.1	0.3276	CUMPLE
Story 3	ENVE XX	Combinati on	Min		X	0.001915	11	5	5.9	8.1	1.005375	CUMPLE
Story 3	ENVE XX	Combinati on	Min		Y	0.000612	2	5	4.5	8.1	0.3213	CUMPLE
Story 3	ENVE YY	Combinati on	Max		Y	0.00101	6	5	2	8.1	0.53025	CUMPLE
Story 3	ENVE YY	Combinati on	Min		Y	0.000998	6	5	2	8.1	0.52395	CUMPLE
Story 2	Dead	LinStatic			X	0.000001	2	5	4.5	5.6	0.000525	CUMPLE
Story 2	Dead	LinStatic			Y	0.000001	7	2	0	5.6	0.00525	CUMPLE
Story 2	Live	LinStatic			Y	0.000004	7	2	0	5.6	0.0021	CUMPLE
Story 2	Modal	LinModEi gen	Mode	1	X	0.000046	2	5	4.5	5.6	0.02415	CUMPLE

Story 2	Modal	LinModEi gen	Mode	2	Y	0.00004 1	7	2	0	5.6 5	0.021525	CUMPLE
Story 2	Modal	LinModEi gen	Mode	3	X	0.00007 6	8	5	0	5.6 5	0.0399	CUMPLE
Story 2	Modal	LinModEi gen	Mode	4	Y	0.00006 2	8	5	0	5.6 5	0.03255	CUMPLE
Story 2	Modal	LinModEi gen	Mode	5	X	0.00005 8	2	5	4.5	5.6 5	0.03045	CUMPLE
Story 2	Modal	LinModEi gen	Mode	5	Y	0.00002 3	3	2	3.5	5.6 5	0.012075	CUMPLE
Story 2	Modal	LinModEi gen	Mode	6	X	0.00012 7	8	5	0	5.6 5	0.066675	CUMPLE
Story 2	Modal	LinModEi gen	Mode	7	Y	0.00006 2	8	5	0	5.6 5	0.03255	CUMPLE
Story 2	Modal	LinModEi gen	Mode	8	X	0.00008 9	2	5	4.5	5.6 5	0.046725	CUMPLE
Story 2	Modal	LinModEi gen	Mode	8	Y	0.00004 8	7	2	0	5.6 5	0.0252	CUMPLE
Story 2	Modal	LinModEi gen	Mode	9	X	0.00005 6	8	5	0	5.6 5	0.0294	CUMPLE
Story 2	Modal	LinModEi gen	Mode	10	X	0	8	5	0	5.6 5	0	CUMPLE
Story 2	Modal	LinModEi gen	Mode	10	Y	0	8	5	0	5.6 5	0	CUMPLE
Story 2	Modal	LinModEi gen	Mode	11	X	0.00003 8	8	5	0	5.6 5	0.01995	CUMPLE
Story 2	Modal	LinModEi gen	Mode	12	Y	2.862E- 07	8	5	0	5.6 5	0.000150 26	CUMPLE
Story 2	PP	LinStatic			X	0.00000 7	8	5	0	5.6 5	0.003675	CUMPLE
Story 2	PP	LinStatic			Y	0.00001 3	8	5	0	5.6 5	0.006825	CUMPLE
Story 2	CSX	LinStatic			X	0.00272 5	2	5	4.5	5.6 5	1.430625	CUMPLE
Story 2	CSY	LinStatic			Y	0.00219 8	8	5	0	5.6 5	1.15395	CUMPLE
Story 2	Comb1	Combinati on			X	0.00000 8	8	5	0	5.6 5	0.0042	CUMPLE
Story 2	Comb1	Combinati on			Y	0.00000 5	8	5	0	5.6 5	0.002625	CUMPLE
Story 2	Comb2	Combinati on			X	0.00000 7	8	5	0	5.6 5	0.003675	CUMPLE
Story 2	Comb2	Combinati on			Y	0.00000 4	7	2	0	5.6 5	0.0021	CUMPLE
Story 2	Comb3	Combinati on			X	0.00272 9	2	5	4.5	5.6 5	1.432725	CUMPLE
Story 2	Comb4	Combinati on			X	0.00272 1	2	5	4.5	5.6 5	1.428525	CUMPLE
Story 2	Comb5	Combinati on			Y	0.00219 9	8	5	0	5.6 5	1.154475	CUMPLE
Story 2	Comb6	Combinati on			Y	0.00219 8	8	5	0	5.6 5	1.15395	CUMPLE
Story 2	Comb7	Combinati on			X	0.00272 8	2	5	4.5	5.6 5	1.4322	CUMPLE
Story 2	Comb8	Combinati on			X	0.00272 2	2	5	4.5	5.6 5	1.42905	CUMPLE
Story 2	Comb9	Combinati on			Y	0.00220 2	8	5	0	5.6 5	1.15605	CUMPLE
Story 2	Comb10	Combinati on			X	0.00000 6	8	5	0	5.6 5	0.00315	CUMPLE
Story 2	Comb10	Combinati on			Y	0.00001 3	8	5	0	5.6 5	0.006825	CUMPLE
Story 2	ENVE XX	Combinati on	Max		X	0.00272 9	2	5	4.5	5.6 5	1.432725	CUMPLE
Story 2	ENVE XX	Combinati on	Max		Y	0.0003	8	5	0	5.6 5	0.1575	CUMPLE

Story 2	ENVE XX	Combinati on	Min		X	0.00272 2	2	5	4.5	5.6 5	1.42905	CUMPLE
Story 2	ENVE XX	Combinati on	Min		Y	0.00029 7	8	5	0	5.6 5	0.155925	CUMPLE
Story 2	ENVE YY	Combinati on	Max		Y	0.00220 2	8	5	0	5.6 5	1.15605	CUMPLE
Story 2	ENVE YY	Combinati on	Min		Y	0.00219 8	8	5	0	5.6 5	1.15395	CUMPLE
Story 1	Dead	LinStatic			X	2.833E- 07	2	5	4.5	2.4	0.000148 73	CUMPLE
Story 1	Dead	LinStatic			Y	0.00000 2	7	2	0	2.4	0.00105	CUMPLE
Story 1	Live	LinStatic			X	7.83E- 08	2	5	4.5	2.4	4.1108E- 05	CUMPLE
Story 1	Live	LinStatic			Y	2.824E- 07	7	2	0	2.4	0.000148 26	CUMPLE
Story 1	Modal	LinModEi gen	Mode	1	X	0.00002 7	2	5	4.5	2.4	0.014175	CUMPLE
Story 1	Modal	LinModEi gen	Mode	2	Y	0.00002 3	7	2	0	2.4	0.012075	CUMPLE
Story 1	Modal	LinModEi gen	Mode	3	X	0.00004 2	8	5	0	2.4	0.02205	CUMPLE
Story 1	Modal	LinModEi gen	Mode	4	Y	0.00007 9	8	5	0	2.4	0.041475	CUMPLE
Story 1	Modal	LinModEi gen	Mode	5	X	0.00009	2	5	4.5	2.4	0.04725	CUMPLE
Story 1	Modal	LinModEi gen	Mode	6	X	0.00012 7	8	5	0	2.4	0.066675	CUMPLE
Story 1	Modal	LinModEi gen	Mode	7	Y	0.00003	8	5	0	2.4	0.01575	CUMPLE
Story 1	Modal	LinModEi gen	Mode	8	X	0.00005 9	2	5	4.5	2.4	0.030975	CUMPLE
Story 1	Modal	LinModEi gen	Mode	9	X	0.00000 6	8	5	0	2.4	0.00315	CUMPLE
Story 1	Modal	LinModEi gen	Mode	10	X	0	2	5	4.5	2.4	0	CUMPLE
Story 1	Modal	LinModEi gen	Mode	11	X	4.145E- 08	2	5	4.5	2.4	2.1761E- 05	CUMPLE
Story 1	Modal	LinModEi gen	Mode	12	Y	0	8	5	0	2.4	0	CUMPLE
Story 1	PP	LinStatic			X	0.00000 1	8	5	0	2.4	0.000525	CUMPLE
Story 1	PP	LinStatic			Y	0.00000 3	8	5	0	2.4	0.001575	CUMPLE
Story 1	CSX	LinStatic			X	0.00166 3	2	5	4.5	2.4	0.873075	CUMPLE
Story 1	CSY	LinStatic			Y	0.00126 2	8	5	0	2.4	0.66255	CUMPLE
Story 1	Comb1	Combinati on			X	0.00000 2	8	5	0	2.4	0.00105	CUMPLE
Story 1	Comb1	Combinati on			Y	0.00000 1	8	5	0	2.4	0.000525	CUMPLE
Story 1	Comb2	Combinati on			X	0.00000 1	8	5	0	2.4	0.000525	CUMPLE
Story 1	Comb2	Combinati on			Y	0.00000 1	8	5	0	2.4	0.000525	CUMPLE
Story 1	Comb3	Combinati on			X	0.00166 4	2	5	4.5	2.4	0.8736	CUMPLE
Story 1	Comb4	Combinati on			X	0.00166 2	2	5	4.5	2.4	0.87255	CUMPLE
Story 1	Comb5	Combinati on			Y	0.00126 3	8	5	0	2.4	0.663075	CUMPLE
Story 1	Comb6	Combinati on			Y	0.00126 1	8	5	0	2.4	0.662025	CUMPLE
Story 1	Comb7	Combinati on			X	0.00166 4	2	5	4.5	2.4	0.8736	CUMPLE

Story 1	Comb8	Combinati on		X	0.001662	2	5	4.5	2.4	0.87255	CUMPLE
Story 1	Comb9	Combinati on		Y	0.001263	8	5	0	2.4	0.663075	CUMPLE
Story 1	Comb10	Combinati on		X	0.000001	8	5	0	2.4	0.000525	CUMPLE
Story 1	Comb10	Combinati on		Y	0.000003	8	5	0	2.4	0.001575	CUMPLE
Story 1	ENVE XX	Combinati on	Max	X	0.001664	2	5	4.5	2.4	0.8736	CUMPLE
Story 1	ENVE XX	Combinati on	Max	Y	0.000211	8	5	0	2.4	0.110775	CUMPLE
Story 1	ENVE XX	Combinati on	Min	X	0.001662	2	5	4.5	2.4	0.87255	CUMPLE
Story 1	ENVE XX	Combinati on	Min	Y	0.000218	8	5	0	2.4	0.11025	CUMPLE
Story 1	ENVE YY	Combinati on	Max	Y	0.001263	8	5	0	2.4	0.663075	CUMPLE
Story 1	ENVE YY	Combinati on	Min	Y	0.001261	8	5	0	2.4	0.662025	CUMPLE

**Anexo 26.** Control de Derivas de Piso de la Config. Estructural Propuesta (EXCEL 2016).

**Elaborado por:** Guevara, Medina 2021

Point	Curve #1 0 deg		
	P tonf	M2 tonf-m	M3 tonf-m
<b>1</b>	152.231	0	0
<b>2</b>	152.231	0	4.1401
<b>3</b>	139.94	0	6.7258
<b>4</b>	116.7538	0	8.5088
<b>5</b>	91.1228	0	9.506
<b>6</b>	60.9054	0	9.7063
<b>7</b>	47.7914	0	10.4081
<b>8</b>	28.6629	0	10.2662
<b>9</b>	0.616	0	7.2136
<b>10</b>	-27.5948	0	3.2665
<b>11</b>	-45.36	0	0

**Anexo 27.** Tabla, Datos para Diagrama de Interacción (Sentido XX).

**Elaborado por:** Guevara, Medina 2021

Point	Curve #7	90 deg	
	P tonf	M2 tonf-m	M3 tonf-m
1	152.231	0	0
2	152.231	3.1865	0
3	137.7953	5.2249	0
4	113.1007	6.4546	0
5	85.0069	7.0338	0
6	50.9872	7.0081	0
7	39.5003	7.2308	0
8	21.7829	6.9834	0
9	-8.5701	4.4587	0
10	-29.0753	2.2622	0
11	-45.36	0	0

**Anexo 28.** Tabla, Datos para el Diagrama de Interacción (Sentido YY).

**Elaborado por:** Guevara, Medina 2021



**Anexo 29.** Arco primario abovedado de la Cámara de Cocción.

**Elaborado por:** Guevara, Medina 2021