

UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN

Escuela de Posgrado

**MAESTRÍA EN CIENCIAS CON MENCIÓN EN GESTIÓN
AMBIENTAL Y DESARROLLO SOSTENIBLE**

**PRODUCCIÓN DE ELEMENTOS CONSTRUCTIVOS CON
RELAVE DE QUEBRADA HONDA BAJO EN CEMENTO
PARA MEJORA DE LA CALIDAD DE VIDA DE
POBLADORES DE PAMPA SITANA**

TESIS

PRESENTADA POR:

HUGO ENRIQUE CANAHUA SOSA

Para optar el Grado Académico de:

**MAESTRO EN CIENCIAS (*MAGISTER SCIENTIAE*) CON
MENCIÓN EN GESTIÓN AMBIENTAL Y DESARROLLO
SOSTENIBLE**

TACNA – PERÚ

2023

UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN

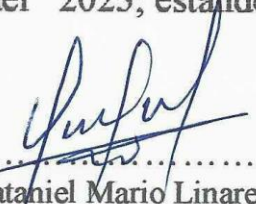
Escuela de Posgrado

MAESTRÍA EN CIENCIAS CON MENCIÓN EN GESTIÓN AMBIENTAL Y
DESARROLLO SOSTENIBLE

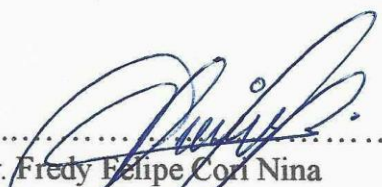
**“PRODUCCIÓN DE ELEMENTOS CONSTRUCTIVOS CON
RELAVE DE QUEBRADA HONDA BAJO EN CEMENTO
PARA MEJORA DE LA CALIDAD DE VIDA DE POBLADORES
DE PAMPA SITANA”**

Tesis sustentada y aprobada el 24 de Agosto del 2023; estando el jurado calificador integrado por:

PRESIDENTE


.....
Dr. Nataniel Mario Linares Gutiérrez

SECRETARIO


.....
Dr. Fredy Felipe Cori Nina

MIEMBRO


.....
Dr. Jesús Plácido Medina Salas

ASESOR


.....
Dr. Jesús Plácido Medina Salas

CERTIFICADO DE SIMILITUD

Yo, Doctor JESÚS PLÁCIDO MEDINA SALAS en mi condición de asesor acreditado por la Resolución de la Escuela de Postgrado No. 12683-2023-ESPG/UNJBG de la Tesis titulada ***“PRODUCCIÓN DE ELEMENTOS CONSTRUCTIVOS CON RELAVE DE QUEBRADA HONDA BAJO EN CEMENTO PARA MEJORA DE LA CALIDAD DE VIDA DEPOBLADORES DE PAMPA SITANA”***, presentada por el Sr. HUGO ENRIQUE CANAHUA SOSA para optar el grado académico de Maestro en Ciencias (Magister Scientiae) con mención en Gestión Ambiental y Desarrollo Sostenible.

Habiendo cumplido con lo establecido en el reglamento de originalidad y de similitud de trabajos de investigación y producción intelectual, considerando que según la revisión, evaluación y análisis realizado a través del software de similitud textual **TURNITIN**, cuenta con el nivel de similitud permitido cuyo porcentaje es del **9% (nueve por ciento)**. Por lo que **CERTIFICO LA SIMILARIDAD** de la tesis (tesis/monografía/trabajo informe) que está de acuerdo al nivel permitido, para continuar con los trámites correspondientes y para su publicación en el repositorio institucional.

Se emite el presente certificado con fines de continuar con los trámites respectivos para la obtención del grado/título/especialidad.


Dr. JESÚS PLÁCIDO MEDINA SALAS
DNI



HUELLA

DEDICATORIA

A Dios

Por ser la fuerza y las ganas de vivir cada día.

*A mí mismo, como un recordatorio de que el momento de hacer realidad nuestros
sueños es ahora.*

.

.

AGRADECIMIENTOS

A mi padre, por ser la persona que siempre apoyó mis sueños y que creyó en mí desde el principio.

Mi eterno agradecimiento y reconocimiento a las personas del Centro Poblado Pampa Sitana, que de una y otra manera participaron brindándome la información Necesaria, con la cual, se logró cristalizar este proyecto de investigación.

A mi asesor, el Dr. Jesús Medina Salas; quien supo guiarme de forma correcta para poder realizar el presente trabajo de investigación.

ÍNDICE DE CONTENIDO

DEDICATORIA	iv
AGRADECIMIENTOS	v
RESUMEN	xiii
ABSTRACT.....	xiv
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I	2
1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA	2
1.1. Diagnóstico situacional	2
1.2. Planteamiento del problema	4
1.3. Formulación del problema	4
1.4. Hipótesis.....	5
1.4.1 Hipótesis general.....	5
1.4.2 Hipótesis específicas.....	5
1.5. Variables del estudio	5
1.6. Operacionalización de las variables	5
1.7. Objetivo.....	6
1.7.1 Objetivo general.....	6
1.7.2 Objetivos específicos:	6
CAPÍTULO II.....	7
2. FUNDAMENTO TEÓRICO.....	7
2.1 Marco teórico	7
2.1.1. Los relaves y su impacto en el medio ambiente	7
2.1.2. Los relaves y su impacto sobre el agua	10
2.1.3. Los relaves y su impacto sobre el suelo	12
2.1.4 El cemento en la industria de la construcción	14
2.1.5 La puzolana como materia prima del cemento	19
2.1.5.1 Tipos de puzolanas	20
2.1.5.2 Métodos para evaluar la puzolanidad.....	20
2.1.5.3 Propiedades a valorar en un material puzolánico.....	21

2.1.5.4 Causas de la actividad puzolánica.....	22
2.2 Antecedentes	23
CAPÍTULO III.....	26
3. METODOLOGÍA.....	26
3.1 Tipo de investigación	26
3.2 Determinación de la población, muestra y muestreo	26
3.3 Técnicas e instrumentos para la recolección de datos.....	29
3.4 Materiales y equipos	31
3.4.1 Materiales	31
3.4.1.1 Cemento Portland Yura tipo IP multipropósito	31
3.4.1.2 El agua.....	32
3.4.1.3. Agregado fino.....	32
3.4.1.4 Agregado grueso	33
3.4.1.5 Relave de Toquepala	33
3.4.2 Equipos	33
3.4.2.1 Microscopio electrónico de Barrido y microanálisis	33
3.4.2.2 Difractómetro de rayos X (DRX).....	35
3.4.2.4 Prensa de hidráulica para ensayos de compresión del concreto..	37
3.4.2.5 Determinación del índice de fluidez del relave de Toquepala	38
3.4.2.6 Determinación del Índice de puzolanidad del relave de Toquepala.....	39
CAPÍTULO IV	40
4. RESULTADOS	40
4.1 Caracterización fisicoquímica del relave	40
4.1.1 Microscopía electrónica de barrido (MEB) y EDAX	40
4.1.2 Difracción de rayos X (DRX).....	41
4.1.3 Resultados del Análisis por FRX.....	43
4.2 Ensayos de resistencia del concreto sustituyendo el cemento por relave	44
4.3 Resultados del índice de Fluidez del relave de Toquepala	49

4.4 Resultados del índice de puzolanicidad del relave de Toquepala	50
4.5 Resultados de la encuesta y análisis para la propuesta de vivienda en Pampa Sitana	51
4.5.1 Estado actual de las viviendas	51
4.5.2 Caracterización demográfica	54
4.5.3 Análisis de la valoración del bienestar personal y social	58
4.5.4 Ponderación de percepción en base a las variables consideradas.....	60
4.6 Módulo de vivienda propuesto con la incorporación de relave en el concreto	67
4.7 Programa arquitectónico	69
4.8 Fase de diagramación	71
4.9 Propuesta arquitectónica	72
Planta	80
CONCLUSIONES	82
RECOMENDACIONES.....	85
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	86
ANEXOS	91

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.- Producción estimada de relave en Antamina	2
Tabla 2.- Principales operaciones mineras que producen relaves en pasta en el mundo..	9
Tabla 3.- Contaminantes inorgánicos y su efecto en la salud humana	10
Tabla 4.- Cementos Portland	14
Tabla 5.- Cementos Portland adicionados	15
Tabla 6.- Cementos especificación de la performance	15
Tabla 7.- Bloques aleatorios mostrando las diversas mezclas	27
Tabla 8.- Población calculada por el INEI en el último censo nacional	28
Tabla 9.- Definición de las variables utilizadas en el análisis	30
Tabla 10.- Propiedades fisicoquímicas y mecánicas del cemento Yura Tipo IP multipropósito	32
<i>Tabla 11.- Composición elemental del relave de Toquepala mediante EDAX</i>	<i>41</i>
<i>Tabla 12.- Especies mineralógicas presentes en el relave de Toquepala</i>	<i>43</i>
<i>Tabla 13.- Composición en porcentaje de óxidos del relave de Toquepala y puzolana natural medida por fluorescencia de rayos X.....</i>	<i>43</i>
Tabla 14.- Resultados de pruebas de resistencia a compresión para briquetas con diferentes porcentajes de relave en kg/cm ²	44
<i>Tabla 15.- ANOVA para la resistencia del concreto con diferentes porcentajes de relave a diferentes tiempos</i>	<i>45</i>
<i>Tabla 16.- Resistencia del concreto a los 28 días de fraguado en(kg/cm²</i>	<i>47</i>
<i>Tabla 17.- ANOVA para la resistencia del concreto con diferentes porcentajes de relave a los 28 días</i>	<i>48</i>
<i>Tabla 18.- Resistencia promedio a los 28 días en función del porcentaje de relave</i>	<i>49</i>
<i>Tabla 19.- Índice de fluidez del relave de Toquepala comparado con mortero normal</i>	<i>50</i>
<i>Tabla 20.- Actividad puzolánica del relave de Toquepala comparado con mortero normal.....</i>	<i>50</i>
<i>Tabla 21.- Criterios para la determinación del grado de consolidación de vivienda....</i>	<i>53</i>
<i>Tabla 22.- Mapeo del grado de consolidación de las viviendas de Pampa Sitana</i>	<i>54</i>
<i>Tabla 23.- Variables y Premisas de diseño</i>	<i>69</i>

Tabla 24.- Espacios requeridos de acuerdo a las necesidades de los pobladores de Pampa Sitana 70

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.- Diagrama de equilibrio SiO ₂ -Al ₂ O ₃ -Fe ₂ O ₃ mostrando la zona de las puzolanas	19
Figura 2.- Preparación de las diferentes mezclas para el consiguiente fraguado y ensayo respectivo	27
Figura 3.- Proceso por el cual se obtiene alta resistencia en el cemento Yura IP.....	31
Figura 4.- Microscopio Electrónico de Barrido de la UNSA	34
Figura 5.- Difractómetro de banco AERIS de la UNJBG.....	35
Figura 6.- Equipo de fluorescencia de Rayos X Ultracem-Colombia	36
Figura 7.- Prensa Hidráulica del Laboratorio de concreto INGEOTEC.....	37
Figura 8.- Mesa de Fluidez del laboratorio de Mixecom_Lima	38
<i>Figura 9.- Micrografía SEM del relave de Toquepala</i>	<i>40</i>
<i>Figura 10.- Espectro EDAX del relave de Toquepala mostrando los principales elementos</i>	<i>41</i>
<i>Figura 11.- Difractograma del relave de Toquepala mostrando las principales especies mineralógicas.....</i>	<i>42</i>
<i>Figura 12.- Gráfico de medias para resistencia del concreto dependiendo de la cantidad de relave.....</i>	<i>46</i>
<i>Figura 13.- Efecto del tiempo de curado en la resistencia del concreto.....</i>	<i>46</i>
<i>Figura 14.- Gráfico de resistencias medias del concreto en función del contenido de relave a los 28 días</i>	<i>48</i>
<i>Figura 15.- Mapeo del número y ubicación de las viviendas en Pampa Sitana</i>	<i>51</i>
<i>Figura 16.- Mapeo de la materialidad presente en las viviendas de Pampa Sitana.....</i>	<i>52</i>
<i>Figura 17.- Número de hijos menores de 18 años por vivienda.....</i>	<i>55</i>
<i>Figura 18.- Número de pobladores por casa</i>	<i>56</i>
<i>Figura 19.- Número de habitantes por grupo etario</i>	<i>56</i>
<i>Figura 20.- Número de habitantes por género</i>	<i>57</i>
<i>Figura 21.- Valoración de la calidad de vida ofrecida por la vivienda.....</i>	<i>58</i>
<i>Figura 22.- Evaluación de las condiciones de la vivienda.....</i>	<i>58</i>
<i>Figura 23.- Percepción del bienestar actual y anterior de las condiciones de la vivienda</i>	<i>59</i>

<i>Figura 24.- Procedencia de los habitantes de Pampa Sitana</i>	60
<i>Figura 25.- Valoración del espacio destinado a la preparación e ingesta de alimentos</i>	61
<i>Figura 26.- Valoración del desplazamiento al interior de su vivienda de los habitantes de Pampa Sitana</i>	62
<i>Figura 27.- Valoración del área destinada a los servicios higiénicos</i>	63
<i>Figura 28.- Valoración del espacio destinado al descanso.....</i>	64
<i>Figura 29.- Valoración del espacio destinado a la socialización</i>	65
<i>Figura 30.- Relaciones entre los espacios requeridos</i>	71
<i>Figura 31.- Diagrama de ámbitos</i>	72
<i>Figura 32.- Módulo de vivienda básica.....</i>	72
<i>Figura 33.- Circulación.....</i>	73
<i>Figura 34.- Servicios</i>	74
<i>Figura 35.- Zona Privada – Habitación.....</i>	75
<i>Figura 36.- Zona Social – Sala, cocina y comedor</i>	76
<i>Figura 37.- Emplazamiento de módulo de vivienda propuesto</i>	77
<i>Figura 38.- Espacios abiertos dentro de la propuesta</i>	79
<i>Figura 39.- Planta arquitectónica escala 1/100.....</i>	80
<i>Figura 40.- Planta arquitectónica con contexto inmediato 1/100.....</i>	81

RESUMEN

La tesis que presento, tuvo como objetivo principal la reutilización de los relaves de Quebrada Honda generados por la Concentradora de Toquepala en elementos constructivos que sirvan para elaborar viviendas económicas a las poblaciones aledañas, como es el caso del Centro Poblado de Pampa Sitana localizada a 7 kilómetros de la poza de relaves. De los resultados obtenidos se puede afirmar que incorporando hasta un 20 % de relave en el concreto, su resistencia es suficiente para utilizarla en diferentes elementos constructivos. Asimismo, de la información recogida mediante una encuesta los pobladores asocian en su mayoría la calidad de vida a la materialidad de sus viviendas, las cuales han sido construidas sin las delimitaciones adecuadas de espacios. Este trabajo de investigación además propone la construcción de viviendas de bajo costo, flexibles y modulares utilizando el relave de Quebrada Honda como material principal.

Palabras clave: Relave minero, resistencia a la compresión, elementos constructivos.

ABSTRACT

The main objective of this thesis was the reuse of tailings from Quebrada Honda generated by the Toquepala Concentrator in construction elements that serve to develop affordable housing for neighboring populations, as is the case of the Pampa Sitana Population Center located 7 kilometers from the tailings pond. From the results obtained, it can be stated that by incorporating up to 20 % of tailings in the concrete, its resistance is sufficient to be used in different construction elements. Likewise, from the information collected through a survey, most of the residents associate the quality of life with the materiality of their homes, which have been built without the adequate delimitations of spaces. This research work also proposes the construction of low-cost, flexible, and modular housing using Quebrada Honda tailings as the main material.

Keywords: Mine tailings, resistance under compression, construction elements.

INTRODUCCIÓN

Actualmente la industria minera es una de las más importantes que tiene nuestro país, la que aporta más ingresos económicos y también la que más residuos contaminantes genera, entre ellos se destaca el relave minero como uno de los más contaminantes y de mayor volumen, y lo que es preocupante en la actualidad es que no existe ningún uso aplicable con este material.

A través del tiempo el número de toneladas acumuladas de relave minero es sorprendente y los medios de contención y mitigación que se habían planificado para este problema han demostrado ser ineficientes, llevando a que este material afecte de manera grave todo el entorno inmediato en el que se encuentra, generando un problema ambiental latente que se ha ido extendiendo a ámbitos sociales como contaminar los cultivos que son la fuente de ingreso principal de poblaciones aledañas como es el caso de Pampa Sitana y económicos como limitar la producción agrícola. Sin embargo, no ha surgido ningún avance con respecto a este, sabiendo que la acción minera no tiene planes de detenerse, es necesario encontrar alternativas de mitigación contra este problema que nuestra sociedad enfrenta.

La tesis que presento tiene como objetivo demostrar la viabilidad de incluir el relave en la preparación del concreto para la construcción de módulos de vivienda económicos para la población de Pampa Sitana, haciendo que un material que en la actualidad se encuentra en un estado de contaminante, pase a tener un uso en la industria constructiva, mitigando el impacto que este hace al medio ambiente.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

1.1. Diagnóstico situacional

El Perú, por tener a la minería como una de las actividades más importantes generadora de divisas, generación de empleos y la participación activa en el incremento del PBI, también esta actividad tiene un efecto negativo al generar relaves que generan diversos impactos ambientales, sociales e inclusive económicos en la población circundante.

En nuestro país no existe un registro concerniente a la generación de relaves mineros. Para tener una idea aproximada de tal registro se presenta una muestra de la producción de relaves de la Minera Antamina.

Tabla 1.- Producción estimada de relave en Antamina

PRODUCCIÓN EN TONELADAS	TIEMPO
24,78 Millones	Año
2,07 Millones	Mes
68,83 Miles	Día

Fuente: Página web de Antamina

Elaboración: Área de Servicios de Investigación del DIDP.

De acuerdo al mapa de las principales mineras en producción, elaborado por el Ministerio de Energía y Minas en el año 2021, donde reporta 142 unidades mineras

operando, se puede calcular en 3 350 millones de toneladas anuales de relaves vertidos en territorio peruano. Estos datos estadísticos deberían constituir una atención urgente y de manera sostenida por parte del estado peruano, con el propósito de controlar y mitigar los efectos que generan estos desechos mineros (Anuario Minero, 2021).

El presente trabajo de investigación se desarrollará para formular y proponer una alternativa de solución a la problemática ambiental nacional crítica, mediante la aplicación de un valor agregado de manera directa al relave, que permita el reuso del mismo sustituyendo parcialmente el cemento (material más costoso del concreto) en la elaboración de diversos elementos constructivos.

Económicamente permitirá reducir significativamente el costo de los elementos constructivos al sustituir parcialmente el cemento y darle un valor agregado al relave.

Ambientalmente, se justifica porque permitirá reducir el impacto ambiental que generan los relaves en sus alrededores, como es el caso del Centro Poblado Pampa Sitana.

Socialmente, este trabajo de investigación posibilitará el mejoramiento de la calidad de vida de sus pobladores a través del acceso a nuevos tipos de vivienda de bajo costo.

El desarrollo de nuevos materiales para viviendas de menor costo ha sido objeto de muchos estudios en los países del tercer mundo donde el porcentaje de construcción generalmente solo satisface el 10 % de vivienda respecto al crecimiento demográfico anual de la población. Todo esto se debe a la disminución de la materia prima y sus costos cada vez más elevados, por lo que, se pretende encontrar nuevos materiales más baratos, útiles y amigables con el medio ambiente y el desarrollo sostenible (Mustapha, 2013).

1.2. Planteamiento del problema

Southern Perú es una empresa mexicana que labora en el Perú desde 1960 aproximadamente, tanto en Toquepala (Tacna), como en Cuajone (Moquegua). Uno de sus principales desechos que origina como gran minería son los relaves de sus plantas concentradoras, los cuales, son depositados en una inmensa poza de relaves en Quebrada Honda, situada a 7 km del Centro Poblado de Pampa Sitana. Esta poza está a punto de colapsar, motivo por el cual, la empresa minera ha solicitado desde el 2011 la ampliación de su capacidad de 711 a 1876 millones de toneladas. El problema con esta poza de relaves es que es superficial y no está adecuadamente impermeabilizada, por lo que las filtraciones constituyen un potencial peligro para la agricultura circundante, especialmente para los pobladores de Pampa Sitana. Además, la ampliación de esta poza de relaves constituye un peligro potencial ambiental para los pobladores de Pampa Sitana, los cuales se encuentran localizados a 7 km más debajo de Quebrada Honda.

1.3. Formulación del problema

Problema principal:

¿Cómo se elaborarán los elementos constructivos con relave de Quebrada Honda bajo en cemento para mejorar la calidad de vida de los pobladores de Pampa Sitana?

Problemas secundarios:

1. ¿Cuál es la caracterización fisicoquímica del relave depositado en Quebrada Honda?
2. ¿Cuál es la relación de relave a cemento que produzca la resistencia adecuada del concreto?
3. ¿Cómo se obtienen los indicadores de la calidad de vida de los pobladores de Pampa Sitana?
4. ¿Cuál es el diseño tipológico de vivienda con el material propuesto?

1.4. Hipótesis

1.4.1 Hipótesis general

Los elementos constructivos con relave de Quebrada Honda bajo en cemento influyen significativamente en la mejora de la calidad de vida de pobladores de Pampa Sitana.

1.4.2 Hipótesis específicas

1. La caracterización fisicoquímica del relave depositado en Quebrada Honda es adecuada
2. La relación de relave a cemento influye sobre la resistencia adecuada del concreto.
3. Los indicadores de calidad de vida mejoran significativamente en los pobladores de Pampa Sitana.
4. El diseño tipológico de vivienda ecológica es compatible con el material constructivo obtenido.

1.5. Variables del estudio

Variables independientes: Elementos constructivos

Variable dependiente: Mejora de la calidad de vida

1.6. Operacionalización de las variables

Operacionalización de variables

Variable	Dimensión	Indicador
VI		
Elementos constructivos	Relave	%
	Cemento	%
	Tiempo de fraguado	horas o días
VD		
Mejora de calidad de vida	Bienestar emocional	Construcción barata
	Desarrollo personal	Diseño ecológico

1.7. Objetivo

1.7.1 Objetivo general

Producir elementos constructivos con relave de Quebrada Honda bajo en cemento para el mejoramiento de la calidad de vida de los pobladores de Pampa Sitana.

1.7.2 Objetivos específicos:

1. Caracterizar fisicoquímicamente el relave contenido en la Poza de Quebrada Honda.
2. Obtener la relación de relave/cemento que produzca la resistencia idónea del concreto
3. Determinar el índice de puzolanicidad del relave de quebrada honda para ver la posibilidad de utilizarlo insumo en la fabricación del cemento.
4. Determinar índices de calidad de vida de los pobladores de Pampa Sitana.
5. Proponer un diseño tipológico de vivienda ecológica con el material constructivo obtenido.

CAPÍTULO II

FUNDAMENTO TEÓRICO

2. FUNDAMENTO TEÓRICO

2.1 Marco teórico

2.1.1. Los relaves y su impacto en el medio ambiente

El funcionamiento de una mina en principio afecta un área circundante relativamente pequeña, pero puede tener, posteriormente, un gran impacto sobre el ambiente, puesto que la fuga de metales de los lugares mineros ocurre, principalmente, a través de drenaje ácido de mina, erosión de desechos en pilas y depósitos de relaves. Cuando estos depósitos contienen sulfuros como es el caso de los relaves de Toquepala y tienen acceso al oxígeno, se genera drenaje ácido de mina (DAM).

En general el DAM acarrea importantes concentraciones de sulfatos y metales disueltos como el cobre, y también va asociado de grandes cantidades de sólidos en suspensión. Estos componentes lógicamente debido a sus concentraciones afectan negativamente todo tipo de actividad biológica ya que contaminan los cauces de los ríos. Adicionalmente, su control y tratamiento acarrea un costo adicional a la operación minera. Por último, podemos afirmar que problema puede durar muchas décadas e incluso cientos de años, porque una vez realizado el cierre de las operaciones mineras, se convierte en una de las principales fuentes de contaminación de las aguas superficiales y subterráneas en el mundo (Aduvire, 2006).

A pesar de todo, este conocimiento previo sobre esta problemática en el Perú, estos pasivos ambientales no son controlados de manera adecuada debido al propio desinterés del gobierno y sus entes reguladores y también a la falta de conocimiento, experiencia y manejo de tecnologías que hagan reusables estos pasivos.

En este trabajo de investigación se ha tomado en cuenta los relaves de la Concentradora de Toquepala, los cuales son depositados en Quebrada Honda, situada a 7 km del Centro Poblado Pampa Sitana. La Concentradora de Toquepala utiliza como proceso principal de concentración la flotación, lo cual, genera un gran volumen de residuos denominado relave, constituido por pequeñas partículas sólidas (de 1 a 600 micras) en agua, donde el sólido esencialmente tiene la misma composición química del material del yacimiento, al que, se le ha separado la parte valiosa conformando una pulpa, lo cual, se genera y desecha en las plantas de concentración húmeda de especies minerales y estériles. Este relave tiene una relación de agua/sólidos que oscila de 1:1 a 2:1, lo que significa un gran consumo de agua. Por otro lado, el relave contiene metales disueltos y reactivos utilizados en la etapa de flotación. Generalmente, los relaves pueden representar entre el 95 % al 99 % del material triturado en la planta de chancado (Ramirez, 2007). De acuerdo al *“Reglamento para la Aprobación de Proyectos de Diseño, Construcción, Operación y Cierre de Depósitos de Relaves”* en la minería (Castro M. , 2018), los relaves en la actualidad se pueden clasificar como:

- Embalses de relaves.
- Represas de relaves.
- Depósito de relaves espesados.
- Depósito de relaves filtrados.
- Depósito de relaves en pasta.

La tabla siguiente muestra algunas de las operaciones mineras más importantes en el mundo que generan relaves en pasta.

Tabla 2.- Principales operaciones mineras que producen relaves en pasta en el mundo

Mina	Ubicación	Metal
(Operaciones y proyectos)		Procesado
Kid Creek	Canadá	Zn/Cu
Lucky Friday	EEUU	Zn/Cu
Bulyanhulu Gold	África	Cu/Au/Ag
Agh Darreh	Irán	-
Coal Creek	EEUU	C
Peak Mine	Australia	Au/Cu/Pb/Zn
Goro Nickel	Australia	Ni/Co
Caraiba Mineracao	Brasil	Cu
San Bartolomé	Bolivia	-
Proyecto Cuacone, Toquepala	Perú	Cu
Proyecto Toromocho, Chinalco	Perú	Cu
El Brocal, Huachuacaja	Perú	-
Proyecto Conga, Minera Yanacocha	Perú	Cu/Au/Ag

Nota: Tomado de Cabrejos (2011).

Seguidamente, realizaremos una breve descripción del depósito de relave en pasta, lo cual, corresponde a Quebrada Honda, según la tabla anterior (Cabrejos, 2011).

El relave en pasta es un tipo de relave que presentan una pulpa cuyo porcentaje de sólidos está entre el relave espesado y el relave filtrado, contiene abundantes partículas sólidas muy finas y baja cantidad de agua, de modo que la mezcla tiene una alta densidad de pulpa. Su depósito se efectúa en forma similar al relave filtrado, no necesita de compactación, poseyendo consistencia coloidal (Minería, 2007).

Desde el punto de vista de la mecánica de fluidos el relave espesado a pasta, se considera como un fluido no newtoniano (viscosidad variable). Este relave ha sido sometido a un proceso de espesamiento o eliminación de agua hasta que las partículas sólidas ya no se segreguen y no posean velocidad de sedimentación comenzando a escurrir bajo un límite de fluencia de 150 Pa (IM2, 2007).

Como se ha mencionado anteriormente, el relave dentro de sus componentes puede tener metales pesados y elementos peligrosos para la salud humana, sin embargo, una característica muy importante que es necesario destacar, es que cuando se combina con el cemento, el cual tiene silicato di y tri-cálcico se logra microcristalizar a los metales pesados encapsulándolos y transformándolos en inertes. Aún más, la presencia del silicio (SiO_2) hace que la microcristalización sea más efectiva y estos elementos peligrosos se vuelvan inocuos (Romero, 2010).

2.1.2. Los relaves y su impacto sobre el agua

Desde el punto de vista biológico los contaminantes del agua en centros mineros como bacterias, virus y hongos son causantes de enfermedades infecto-contagiosas: tifus, diarreas, cólera, etc. Los efectos más específicos de su consumo en los humanos puede visualizarse en la siguiente tabla.

Tabla 3.- Contaminantes inorgánicos y su efecto en la salud humana

<i>Contaminantes</i>	<i>Efectos en la salud humana</i>
Arsénico	Envenenamiento con diarrea, dolores, vómitos
Cadmio	Afecciones renales, contracciones musculares, diarrea, náuseas, riesgo de cáncer, vómitos
Mercurio	Náuseas, vómitos Amnesia, depresión, dolores de cabeza, fatiga, inhabilidad para aceptar críticas, inhabilidad para concentrarse, insomnio, miedo, respuestas emocionales exageradas
Nitritos	Metahemoglobinemia - Asfixia en niños

Nota: Tomado de Romero A. (2015)

El procesamiento de minerales generalmente produce una gran cantidad de residuos y productos que pueden contaminar el agua. Además, la infraestructura que se construye para apoyar una operación minera y sus operaciones de procesamiento, genera residuos de alcantarillados, de tratamiento de aguas, aceites, petróleo, combustibles derivados del petróleo, etc. Podemos concluir, por lo tanto, que la minería, como cualquier otro proceso industrial, altera la calidad del agua en varios aspectos.

- Contaminación del agua debido a la presencia de los materiales procesados, por ejemplo, los metales (Cu, Zn, Cd, Hg, etc.) y aniones asociados (sulfatos, carbonatos, etc.).
- Contaminación del agua por la utilización de diversas técnicas extractivas como la lixiviación del cobre, donde el agente lixivante puede ser el H_2SO_4 o el $CNNa$ para oro.
- Contaminación del agua debido a su empleo en procesos complementarios como el agua de lavado en la flotación.
- Contaminación de las aguas debido a factores indirectos: arrastre de partículas por el viento u otros mecanismos hacia aguas de áreas más o menos alejadas de la explotación.

Asimismo, los efectos de la actividad minera sobre las aguas se pueden dar como:

- Acarreo de partículas sólidas por las aguas superficiales de polvo de escombreras o labores, o traídas hasta la superficie por el agua de lluvia, a partir del polvo en suspensión.
- Incorporación de sales al agua, por procesos naturales (disolución de minerales), o por mecanismos industriales (vertido de aguas de plantas de flotación u otro tipo).
- Incorporación de metales pesados a las aguas, la minería metálica pone a disposición de los agentes externos unos elementos metálicos que pueden movilizarse hacia las aguas bien por la formación de compuestos solubles, o bien por mecanismos de ‘sorción’ en la fracción sólida arrastrada por el agua.
- Alteración del pH de las aguas sobre todo por acidificación, consecuencia de la oxidación e hidrólisis de sulfuros con formación de sulfatos y sulfatos ácidos: el drenaje ácido de mina del que hablamos anteriormente (Romero A., 2015).

2.1.3. Los relaves y su impacto sobre el suelo

Una de las consecuencias más negativas de las actividades mineras es la contaminación del suelo, puesto que es el lugar donde van a parar gran parte de los desechos sólidos y líquidos de cualquier actividad humana, constituyendo los suelos el receptáculo de los desechos no deseables de origen geológico. Todos los materiales que no son de utilidad en los procesos mineros y urbanos, se acumulan en el suelo, casi siempre, sin tener en cuenta la legislación respectiva. Por esta razón, las escombreras mineras, se han venido depositando sobre los suelos sin control alguno a lo largo de siglos e incluso milenios.

Las actividades mineras han permitido de que muchos productos generados por las actividades humanas, se han incorporado a los suelos, produciendo a la vez otros problemas posteriores: la contaminación de aguas del subsuelo, de cultivos, y el envenenamiento del ganado, afectando de forma directa a la economía y a la salud de los seres humanos.

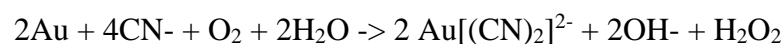
Hoy en día, la legislación medioambiental en los países del primer mundo pone especial interés en la multifuncionalidad del sistema suelo-agua, considerando como sus principales funciones las relativas a: medio y soporte de transporte, filtro de agua, crecimiento vegetal y medio participativo en los ciclos bioquímicos. La legislación concerniente a la protección del suelo está orientada a la prevención de la contaminación local fomentando las medidas de aislamiento y control, así como la reglamentación de emisiones aceptables para contaminación difusa que aseguren el cumplimiento de las funciones del suelo. La actividad minera genera contaminantes de diversa naturaleza: gaseosos, líquidos y sólidos, que a la larga se depositan en el suelo. Esto puede ocurrir por:

- Depósito de partículas sedimentadas a través de la atmósfera o traídas por la lluvia.
- El derrame directo de los productos líquidos de la actividad minera.

- La introducción en el suelo de productos de lixiviación.
- La acumulación de desechos mineros sobre el suelo: escombreras, talleres de la mina u otras edificaciones contaminantes.

La acumulación de desechos mineros, sobre el suelo, puede tener efectos variados:

- Las escombreras pueden propiciar la introducción de aguas de lixiviación, dependiendo del tipo de mineral que lo constituye. Por ejemplo, existirá mayor infiltración en el suelo de los iones Zn^{2+} , Cu^{2+} , Fe^{3+} , Fe^{2+} que Pb^{2+} . Por otro lado, las escombreras influyen en el aglutinamiento del suelo sobre el que se depositan, transformando su comportamiento mecánico durante y después de su retirada. Por último, el recubrimiento originado por las escombreras, inhibe la formación y acumulación de la materia orgánica, y el intercambio de gases con la atmósfera.
- El efecto de la lixiviación de metales como el uranio, cobre y oro se evidencia en el caso del oro y el uranio con la incorporación en el suelo de bacterias tipo *Thiobacillus ferrooxidans* y ácido sulfúrico. En el caso del oro, su lixiviación se basa en la utilización de compuestos cianurados, $CNNa$. La pila también se riega con aspersores, y el proceso químico es del tipo:



Generalmente, en la mayoría de los casos se utilizan superficies impermeables bajo las pilas, las infiltraciones son siempre posibles. Por otro lado, el viento puede formar aerosoles que pueden afectar a áreas más o menos alejadas de estos lugares.

- Los talleres de mina constituyen un mayor potencial contaminante de los suelos, debido sobre todo a la presencia de derivados de los hidrocarburos como combustibles, aceites, lubricantes, etc., cuyo vertido fortuito puede ser frecuente, y tienen una gran facilidad de flujo y de infiltración en el suelo.

De todo lo visto anteriormente, podemos concluir que la actividad minera genera sobre el suelo alteraciones de carácter físico-químico, los cuales originan su infertilidad,

o peor aún, mantienen su fertilidad, pero permiten el paso de los contaminantes a la cadena alimenticia, a través del agua, o de la incorporación de los contaminantes a los tejidos de animales o vegetales comestibles (Cruzado E., 2010).

2.1.4 El cemento en la industria de la construcción

El cemento es un material compuesto conformado por la calcinación de material calcáreo y arcilloso, finamente molidos denominado clínker. A esta mezcla se le incorpora una cantidad de yeso para evitar su contracción excesiva durante el fraguado al agregar agua y finalmente endurecerse. Al mezclarse con materiales áridos como arena y piedra más agua, se transforma en un material llamado concreto, el cual es uniforme, maleable y plástico que cura aproximadamente en un periodo de 28 días consiguiendo una gran resistencia. El concreto actualmente es uno de los materiales más utilizados en la industria de la construcción a nivel mundial, pues su consumo anual alcanza las 10^{10} toneladas anuales (Barcelo, Cement and Carbon Emissions, 2008). De acuerdo a la (Asociación de Productores de Cemento, ASOCEM, 2016), los tipos de cemento comercializados en el Perú son los siguientes.

Tabla 4.- Cementos Portland

TIPO	USO
TIPO I	De uso general
TIPO II	De uso general, cuando se desea moderada resistencia a los sulfatos
TIPO II(MH)	De uso general, específicamente moderado calor de hidratación
TIPO III	Cuando se requiere alta resistencia inicial
TIPO IV	Cuando se desea bajo calor de hidratación
TIPO V	Para emplearse cuando se desea alta resistencia a los sulfatos

Adaptado de: Las Norma Técnicas del cemento y concreto en el Perú

Tabla 5.- Cementos Portland adicionados

TIPO	USO
TIPO IP	Cemento puzolánico (15 % al 40 %)
TIPO IPM	Cemento puzolánico modificado (<15 %)
TIPO IS	Cemento de escoria (25 % a 70 %)
TIPO ICo	Cemento compuesto
TIPO IL	Cemento calizo
TIPO IT	Cemento ternarios (dos adiciones)

Adaptado de: Las Norma Técnicas del cemento y concreto en el Perú

Tabla 6.- Cementos especificación de la performance

TIPO	USO
TIPO GU	Uso general
TIPO HE	De alta resistencia inicial
TIPO MS	De moderada resistencia a los sulfatos
TIPO HS	De alta resistencia a los sulfatos
TIPO MH	De moderado calor de hidratación
TIPO LH	De moderado calor de hidratación

Adaptado de: Las Norma Técnicas del cemento y concreto en el Perú

Conforme la población crece progresivamente el consumo de cemento aumenta en forma directamente proporcional a la población, esto implica el consumo cada vez más grande de recursos naturales como materiales arcillosos y calcáreos respectivamente. Por otro lado, la legislación ambiental vigente implica que tanto el procesamiento como el uso del cemento minimicen su impacto al medio ambiente debido a que la mayor parte de los recursos utilizados no son renovables y su huella del carbono tiene un gran impacto (Armstrong, “An overview of global cement sector trends. Insights from the Global Cement Report 10 th Edition”, 1023).

El material más utilizado por la industria de la construcción es el concreto y sus derivados, específicamente los elementos elaborados a base a cemento Portland, puesto que posee buenas propiedades mecánicas, durabilidad y bajo costo en comparación al acero de construcción.

Las estrategias aplicadas en los últimos años respecto a este problema, es la de disminuir el impacto ambiental de la industria de la construcción creando soluciones que mitiguen sus efectos sobre el medio ambiente, debido a que son responsables del 12 % al 15 % del consumo total de energía (Deja, 2010).

La mayor parte de las emisiones de la industria cementera lo constituye el CO₂ que se liberan a la atmósfera, sobre todo en la etapa de la calcinación de la piedra caliza. Se libera a la atmósfera cercad de 900 kg de CO₂ por cada tonelada de cemento producido (Hasanbeigi, 2010), lo que significa entre el 5 % y el 7 % de la emisión mundial de CO₂ (Barcelo, 2014). La industria cementera ha esbozado tres rutas importantes que permitan la disminución significativa de las emisiones de CO₂: eficiencia energética, combustibles alternativos y biomasa, y sustitución parcial o total del clínker (Titiloye, 2013).

En los últimos años, se ha incrementado sustantivamente la demanda de cemento para obras de infraestructura, registrándose 4 300 millones de toneladas en 2014 (Association, 2014) proyectándose un aumento de un 3 % de crecimiento anual (Armstrong, 2013). Por ello, la sustitución de clínker por materiales cementicios suplementarios (SCM) constituye una de las mejores opciones para disminuir la huella de CO₂. Los SCM idóneos serán aquellos que puedan proporcionar propiedades similares al cemento, pero que tienen un CO₂ incorporado mucho más bajo (Barceló, 2008).

De acuerdo a la norma UNE EN 197-1 contiene hasta 95 % de clínker (el otro 5 % es yeso). En los últimos años, la composición de los cementos ha cambiado significativamente, fundamentalmente debido a la disminución del clínker o factor clínker (CF) (M. Schneider, 2011). La variación del clínker tiene un efecto importante en el tipo de aplicaciones para las que se puede usar el cemento.

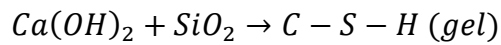
El componente principal del cemento que es el clínker ha disminuido de 0,85 a 0,77 en un lapso de 7 años, mientras que el pronóstico para el año 2050 debería ser de 0,71 (World Bussines Council for Sustainable Development, 2009). Esta disminución en el contenido de clínker se ha producido por el uso de materiales cementicios alternativos. Sin embargo, estas nuevas adiciones están limitados por su disponibilidad regional. Estas nuevas adiciones podrían desempeñar un papel como constituyentes de cemento en el futuro.

La importancia de gestionar los diferentes tipos de desechos producidos por las actividades industriales, los cuales se ven reflejados en el aumento del nivel de contaminación en sus procesos productivos, en los últimos años (R. Siddique, 2011). El sector de la construcción es el único donde se puede hacer uso de materiales de orígenes muy variados, y dependiendo de las características de estos, es posible determinar cuál será su destino final, y para este caso de estudio será en el mismo sector constructivo.

La industria de la construcción puede hacer uso de los desechos en dos diferentes maneras: la primera llamada reutilización que implica una reutilización de componentes, y la segunda que implica el procesamiento de los residuos en materias primas para poder usarlas en la producción de materiales de construcción, el reciclaje (R. Dachowski, 2016).

Las cenizas volantes de carbón figuran como los residuos industriales más utilizados, así como otros materiales tales como (Celik, 2015), escoria de alto horno (Scholer, 2015), humo de sílice (Radlinsky, 2015), siendo estas las más importantes, ya que tienen entre sus características la capacidad de sustituir parcialmente al cemento Portland en la preparación de mezclas de concreto. El factor principal para la identificación de estos residuos reside en la presencia de sílice dentro de su composición, ya que ésta es necesaria para la reacción puzolánica del hormigón.

La interacción entre el hidróxido de calcio Ca(OH)_2 (Portlandita) y el óxido de silicio SiO_2 (sílice) amorfa, es denominada reacción puzolánica, la base de cualquier tipo de concreto que desee mejorar su resistencia (J. Roselló, 2017).



Para conseguir las propiedades cementantes deseadas, la Portlandita y el óxido de silicio tiene que entrar en reacción (química) para producir silicato cálcico hidratado (C S H). Se puede decir que un material tiene propiedades puzolánicas o que es puzolana cuando un material presente este comportamiento, así como si se detecta la presencia de alúmina amorfa, se producirá la formación de aluminatos y silicoaluminatos cálcicos hidratados (Luxan, 1985).

Si hablamos de la creación de compuestos que permitan incrementar la resistencia y otras propiedades del concreto, tenemos que mencionar a la puzolana, como material que al ser añadida a la mezcla del cemento, producirá una reacción con la cal liberada por la hidratación del cemento (Lynne, 2005).

Para que la reacción puzolánica se produzca, uno de los factores más importantes es la presencia de sílice, la cual debe estar en estado amorfo; también es deseable la presencia de alúmina amorfa. Estas dos condiciones garantizan la reacción puzolánica (Roselló, 2017).

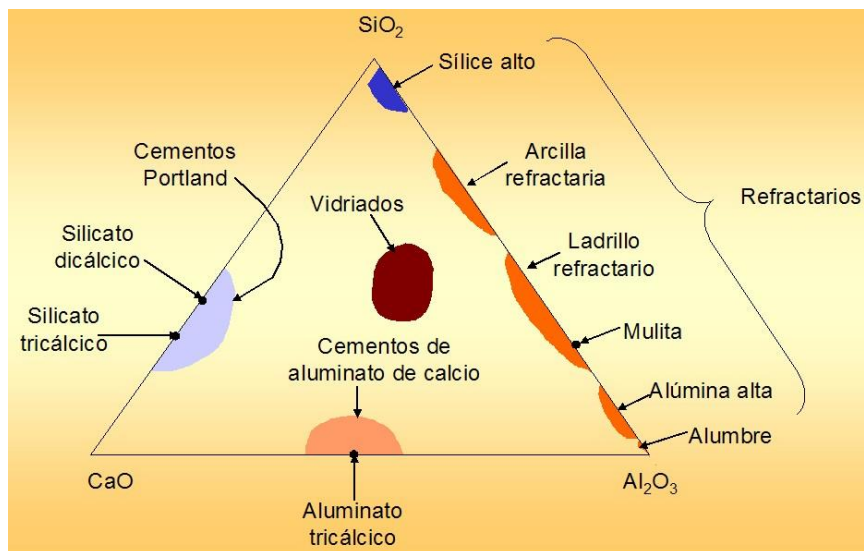
Existen diferentes ensayos para poder evaluar el potencial de reacción puzolánica en los materiales, tres son considerados dentro de los procedimientos estándar, los cuales se encuentran enfocados en técnicas que valoran el cemento Portland con el material de estudio, estudio de mezclas con presencia de cal y el estudio del material (Luxan, 1985).

La importancia de nuevos suplementos en los materiales cementicios producidos como residuos dentro de la industria agrícola han sido de mucha importancia dentro de la discusión científica de los últimos (Aprianti, 2015); sin embargo, para su adecuada aplicación en materiales de construcción esta debe estar presente como ceniza, de lo contrario, la comercialización de esta es muy baja.

2.1.5 La puzolana como materia prima del cemento

La formación de compuestos que presentan propiedades hidráulicas están constituidos por puzolana (material silíceo) que presentan poca actividad hidráulica, pero que al ser adicionada de agua se divide y forma hidróxido de calcio. Las puzolanas naturales constituyen la adición mineral del cemento de mayor uso en el Perú. En la producción de los cementos y de concreto se considera además de las puzolanas tradicionales obtenidas de las explosiones volcánicas, otros materiales, incluyendo los artificiales o subproductos, que tienen características puzolánicas definidas por su capacidad de reacción con el hidróxido de calcio en condiciones normales. Las puzolanas, al igual que otras adiciones minerales se encuentran dentro del diagrama de estados de SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 . En la figura siguiente se observa que las zonas propicias para la fabricación del cemento son pequeñas en el diagrama ternario.

Figura 1.- Diagrama de equilibrio SiO_2 - Al_2O_3 - Fe_2O_3 mostrando la zona de las puzolanas



Tomado de: <http://asocem.or.pe>

2.1.5.1 Tipos de puzolanas

A. Puzolanas naturales:

- Volcánicas.- Se originan cuando las erupciones explosivas de pequeñas partículas a alta temperatura se vitrifican a temperatura ambiente.
- Zeolíticas.- Material de ceniza volcánica microporoso generado por la acción hidrotermal y su consecuente cementación acompañada de cambios físicos, químicos y biológicos.
- Las diatomitas.- Son materiales cerámicos de origen orgánico, constituidos por caparazones silíceos de microscópicas algas acuáticas unicelulares.

B. Puzolanas artificiales: Sub-productos industriales y materiales tratados térmicamente como:

- Cenizas volantes.- Productos secundarios de centrales termoeléctricas que utilizan carbón pulverizado como combustible.
- Arcillas activadas mediante temperatura.- Es necesario estimular la actividad puzolánica en las arcillas naturales destruyendo su estructura cristalina a temperaturas entre 600 a 900 °C para transformarlas en amorfas.
- Microsilíce.- Es un material secundario que se genera cuando se reduce el cuarzo de alta pureza con carbón en hornos eléctricos que producen silicio o aleaciones de ferrosilicio.
- Ceniza de cáscara de arroz.- Es un material silíceo que se produce durante la calcinación controlada de la cáscara de arroz a temperaturas entre 600 a 800 °C, originando sílice amorfa (>90 %), estructura celular de gran área superficial (50 a 60 m²/g) con gran actividad puzolánica.

2.1.5.2 Métodos para evaluar la puzolanidad

Cada material presenta una actividad puzolánica diferente, para poder determinar el nivel de reactividad que éstos poseen es necesario tener en cuenta el carácter químico y mecánico para poder elegir el método de evaluación de la reactividad, como se menciona en la norma peruana NTP 334.051 y en otras normas internacionales tales como INCOTEC y ASTM.

- Método químico o de Frattini, ICONTEC 1512 (UNE 80280/88; EN 196-5).
- La evaluación del Índice de Actividad Puzolánica con Cemento, ASTM C-311.
- La norma NTP 334.051 señala como índice mínimo del 75 % la relación entre $R_{muestra}/R_{patrón}$, para atribuirle el carácter “puzolánico” a un material.
- La evaluación del Índice de Actividad Resistentes con Cementos Portland, UNE 83451-86.
- El Índice de Actividad Puzolánica con Cal, ASTM C-311.

2.1.5.3 Propiedades a valorar en un material puzolánico

La valoración de las propiedades fisicoquímicas y su efecto en las propiedades mecánicas finales del concreto son aspectos fundamentales para determinar la idoneidad de un material puzolánico (Luxan, “Estudio de la aptitud de un material como adición activa del cemento”, 1985). Esto implica tener en cuenta las siguientes consideraciones:

- Composición química (óxidos de sílice, hierro, aluminio, calcio, magnesio, álcalis y otros).
- Propiedades físicas como la granulometría y gravedad específica.
- Microestructura mediante MEB, Espectroscopia IR y DRX para determinar su composición, cristalinidad y morfología.
- Actividad puzolánica de acuerdo a la norma NTP 334.051.
- Cantidad de agua necesaria.
- Consecuencia de la disminución volumétrica debido al secado.
- Consecuencia en las propiedades mecánicas e hidratantes finales del concreto.
- Pruebas de duración de acuerdo al medio en que se desempeñe el material resultante en servicio.
- Dosificación óptima de uso.

2.1.5.4 Causas de la actividad puzolánica

La actividad puzolánica se origina fundamentalmente cuando los componentes ácidos como la sílice y la alúmina reaccionan con la cal formando enlaces débiles entre sí. Debemos mencionar adicionalmente que la presencia de la alúmina potencia en mayor medida el incremento de álcalis, los cuales se fijan en forma parcial en los nuevos productos de la reacción puzolánica y evidencian propiedades parecidas a los pseudogeles (Mertens, 2009).

La literatura indica también que el óxido de hierro actúa de manera similar a la alúmina, pero su efecto sobre la actividad puzolánica es menos intenso y secuencial. En general, las estructuras zeolíticas son más sensibles a la cal comparativamente con las puzolanas totalmente vítreas, y también retienen una mayor cantidad de cal, hecho que no puede explicarse simplemente por un intercambio catiónico con álcalis. Esto indica que se genera una ruptura en la estructura reticular y los enlaces químicos, lo que facilita la participación de la sílice y la alúmina en las estructuras zeolíticas en comparación con las vítreas. En el caso de las puzolanas de origen mineral, su actividad se ha atribuido tanto a los componentes amorfos como a los cristalinos, especialmente a aquellos de naturaleza zeolítica (Mertens, Pozzolanic Reaction of common natural zeolites with lime and parameters affecting their reactivity, 2009).

En consecuencia, la extraordinaria reactividad tanto de las puzolanas naturales como de las artificiales está subordinada sobre todo a su composición química y mineralógica. Esto significa que este material debe tener alto contenido de sílice y alúmina y sobre todo debe tener una gran proporción de fase amorfa para garantiza su reactividad. Otro aspecto, también importante es la presencia de álcalis y alcalinotérreos que aportan a su reactividad. Del mismo modo, el grado de condensación de grupos como SiO_4^{4-} y $\text{Al}(\text{OH})_4^-$ juega un papel relevante en las propiedades reactivas de estas puzolanas. Todos estos materiales juntos contribuyen significativamente a la reactividad de las puzolanas y a su capacidad para participar en diversas reacciones químicas, convirtiéndolas en materiales de gran valía en una variedad de aplicaciones.

2.2 Antecedentes

En Lima, el año 2010 el profesor Alfonzo Romero de la UNMSM afirmó que si los relaves de la industria minera en el país se reutilizaran para la elaboración de elementos constructivos se podrían construir aproximadamente 5 millones de viviendas para la gente que lo necesita. “Podríamos evitar que la actividad minera siga contaminando los valles y ríos del país fabricando ladrillos a bajo costo y con seguridad para las personas que decidan construir sus casas con estos materiales” (Romero A. , 2010).

A raíz de esta iniciativa, en el año 2012, el congreso presentó una ley que declara la transformación de relaves mineros en materiales de construcción como un asunto de interés nacional y de necesidad pública. Esta ley busca promover y respaldar activamente la reutilización de los relaves mineros, convirtiéndolos en recursos valiosos para la industria de la construcción. Al considerarlos como materiales aprovechables, se busca mitigar los impactos ambientales y aprovechar de manera más sostenible los recursos minerales disponibles, al mismo tiempo que se fomenta el desarrollo de soluciones constructivas más amigables con el medio ambiente (Amasifuén, 2012). Esta ley no se logró aprobar en el congreso, pues argumentaron la falta de más estudios técnicos que permitan la viabilidad de esta propuesta.

También en Lima, en la PUCP se presentó la tesis: “Estudio experimental del empleo de materiales de desecho de procesos mineros en aplicaciones prácticas con productos cementicios”. Este estudio tiene dos objetivos claros: reciclar relave minero y encontrar aplicaciones sostenibles en comunidades cercanas a minas. El relave se puede incorporar como relleno volumétrico o como un aditivo puzolánico para mejorar las mezclas de concreto. Busca una gestión más responsable de residuos mineros y beneficios constructivos para las comunidades locales (Anicama, 2010).

En la Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas de Lima, se presentó la tesis: “Propuesta de uso de relaves de mina polimetálica en la fabricación de unidades de albañilería - caso ex unidad minera Mercedes 3”. En este trabajo se logró fabricar bloques de concreto para su uso en albañilería utilizando el relave polimetálico como agregado,

obteniéndose una resistencia similar al concreto, pero 12 % más costosa (Cárdenas, 2019).

En Arequipa, la Universidad Católica San Pablo ha llevado a cabo un proyecto de reuso de relaves de minería artesanal en el Perú. La iniciativa busca establecer una planta piloto que utilice los relaves mineros como materia prima para fabricar adoquines, con el objetivo de reducir en gran medida la dependencia del cemento Portland en la producción de estos materiales. Esta iniciativa no solo busca dar un uso sostenible a los relaves mineros, sino también contribuir a la reducción del impacto ambiental asociado con la extracción de cemento, promoviendo prácticas más amigables con el medio ambiente en la industria de la construcción (Tejada Fernández, 2017).

En la UNSA, se ha presentado la tesis: “Estudio para el empleo de relaves del proceso minero de mina San Rafael como rellenos cementantes y fluidos utilizando adiciones minerales”. En este estudio, se usarán los relaves como relleno para dos propósitos en la misma operación minera: como piso de trabajo y como sostenimiento para prevenir colapsos. Esto mejora la seguridad y eficiencia en la mina y reduce el impacto ambiental (Gutierrez, 2018).

En la Universidad San Pedro de Huaraz se ha desarrollado también la siguiente tesis: “Resistencia de la sustitución del 5 %, 10 % y 15 % de cemento, por la combinación de relave minero en la elaboración de morteros de edificaciones de albañilería en Huaraz, 2017”. En este estudio se concluye que sustituyendo parcialmente el cemento por relave en la proporción del 15 %, se obtiene una resistencia ligeramente superior al concreto convencional. La ventaja se encuentra en la disminución del costo y la reutilización del relave (Namuche, 2017).

En la Universidad de Loja, Ecuador se desarrolló la siguiente tesis: “Estudio del relave minero de la planta de beneficio Santa Lucía código 191038 del sector La Maravilla de la Parroquia Pucará, Cantón Pucará, provincia del Azuay, con fines de utilización en morteros de pega de unidades de mampostería”. En este trabajo, se realizó una caracterización fisicoquímica del relave, y se demostró que es factible utilizar hasta un 25 % de este, en morteros de mampostería sin que el costo aumente significativamente.

Es decir, se comprobó que el relave puede ser un material efectivo y económico para mejorar las propiedades de los morteros de construcción, lo que puede tener un impacto positivo tanto en términos técnicos como económicos en proyectos de construcción (Sánchez, 2019).

También en la Universidad Internacional SEK, de Ecuador, se desarrolló la siguiente tesis: “Inertización de relaves mineros utilizando la vitrificación para su aprovechamiento en la construcción”. Este estudio ha logrado transformar relaves mineros inactivos en un material vitrificado. El material resultante es adecuado para fines decorativos debido a sus propiedades mejoradas (Salguero, 2019).

En Chile, país eminentemente minero también se han desarrollado varios trabajos de investigación con el fin de reutilizar los relaves mineros. En este sentido, hemos revisado la siguiente tesis: “Nuevas tecnologías para el uso y disposición de relaves mineros aplicado a Codelco, división el Teniente”, cuyos resultados proponen como medida de solución al embalse de sus relaves en el Carén, dos propuestas de cambio tecnológico en la disposición de los mismos y una tercera para su reutilización en la construcción de adoquines en reemplazo de las arcillas y el cemento (Castro M. , 2018).

CAPÍTULO III

MARCO METODOLÓGICO

3. METODOLOGÍA

3.1 Tipo de investigación

La investigación para esta tesis es de tipo experimental, ya que se han seleccionado diferentes proporciones de relave para reemplazar el cemento en el mortero con el objetivo de evaluar su efecto en la resistencia final del concreto. En este enfoque experimental, se busca determinar cómo la variación de la cantidad de relave afecta las propiedades del concreto resultante y su rendimiento en términos de resistencia.

3.2 Determinación de la población, muestra y muestreo

a) Metodología propuesta

En primer lugar, se obtuvo una cantidad suficiente de relave (aproximadamente 100 kg) de Quebrada Honda, específicamente en el canal que alimenta a la relavera. A partir de esta muestra se seleccionó una cantidad para la caracterización fisicoquímica del relave. Esta caracterización consistió en determinar su composición elemental y mineralógica mediante la utilización del Microscopio Electrónico de Barrido y el Difractómetro. El primero de ellos localizado en el laboratorio de Microscopía de la Facultad de Ingeniería de la UNSA, y el segundo en Facultad de Ingeniería de la UNJBG de Tacna. El propósito de esta caracterización fue la de determinar la composición química del relave para averiguar la presencia de metales pesados que puedan afectar la salud humana en la utilización de elementos constructivos.

Una vez caracterizado el relave se prepararon mezclas de concreto sustituyendo parcialmente el cemento por el relave, para averiguar cómo influye esta sustitución en las propiedades mecánicas del concreto. Las mezclas con diferentes cantidades relave se compactaron en tubos de PVC de 101,6 mm x 203,2 mm de acuerdo a la norma.

Figura 2.- Preparación de las diferentes mezclas para el consiguiente fraguado y ensayo respectivo



Elaboración propia

Para esto se utilizó un diseño de bloques aleatorios, como se observa en la tabla siguiente:

Tabla 7.- Bloques aleatorios mostrando las diversas mezclas

Tiempo de fraguado	Porcentaje de relave sustituido (%)				
	0	5	10	15	20
7 d	x x x	x x x	x x x	x x x	x x x
14 d	x x x	x x x	x x x	x x x	x x x
28 d	x x x	x x x	x x x	x x x	x x x

Las briquetas se ensayaron en el Laboratorio Geotécnico de INGENIERÍA GEOTÉCNICA CONSULTORES EIRL, de la ciudad de Tacna.

Una vez seleccionada la mezcla más adecuada se recogió información de la población de Pampa Sitana (nivel socioeconómico, nivel de instrucción, actividades a la

que se dedican, necesidades de vivienda, su disposición a utilizar este tipo de material, etc.) con el propósito de diseñar módulos de vivienda a medida para esta población.

Se ha llevado a cabo una estimación del crecimiento poblacional para el centro poblado de Pampa Sitana, tomando como referencia la tasa de crecimiento del distrito de Locumba, que es del 1,02 % anual. Esta tasa de crecimiento se ha aplicado a la población actual de Pampa Sitana para proyectar el aumento esperado en el número de habitantes en los próximos años. Con esta información, se busca tener una visión más clara de cómo se desarrollará la población en el centro poblado y preparar adecuadamente los recursos y servicios necesarios para atender las necesidades de la comunidad en constante crecimiento. En la tabla siguiente se observa la población hasta el año 2022 (Delgado & Carol, 2019).

Tabla 8.- Población calculada por el INEI en el último censo nacional

	Año								
	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Locumba	2570	2596	2623	2649	2676	2704	2731	2759	2787
Pampa Sitana	485	490	495	500	505	510	515	521	526

Nota: Con aporte de datos del INEI.

Para calcular el tamaño de muestra para la encuesta, se utilizó la siguiente relación, para población finita:

$$n = \frac{NpqZ_{\alpha/2}^2}{pqZ_{\alpha/2}^2 + e^2(N - 1)}$$

Donde:

N= tamaño de la población=526/4=132 viviendas

Z_{α/2}=valor obtenido para un nivel de confianza del 95 % (1, 96).

e=límite aceptable de error en la muestra (0,1)

p=tanto por ciento de viviendas cuya característica es de interés (50 %)

n= tamaño de la muestra

$$n = \frac{132 \times 0,5 \times 0,5 \times 1,96^2}{0,5 \times 0,5 \times 1,96^2 + 0,1^2(132 - 1)} = 50 \text{ viviendas}$$

3.3 Técnicas e instrumentos para la recolección de datos

Para obtener la muestra de relave se aplicó el muestreo sistemático, que consistió en extraer un balde de 4 litros cada cinco minutos del canal que alimenta a la relavera por un lapso de 120 minutos, logrando acumular un total de 100 litros de relave.

Para recabar información de la población se utilizó la encuesta a través de un instrumento escrito o cuestionario de 25 preguntas donde se han incluido fundamentalmente los siguientes aspectos: (nivel socioeconómico, nivel de instrucción, actividades a la que se dedican, necesidades de vivienda, su disposición a utilizar este tipo de material, etc.)

Se propuso un estudio cualitativo sobre la situación y el estado actual de las viviendas de Pampa Sitana, a través de una entrevista dirigida de carácter descriptivo que nos permitirá posteriormente elaborar una matriz de información, de manera que nos facilite la organización de los datos para el análisis de estos. Las técnicas aplicadas para la obtención de los datos de la población fueron los siguientes:

Encuesta Estructurada: Esta consiste en la utilización de un inventario de preguntas enfocadas en el objeto de estudio. Cada pregunta de la encuesta que se preparó está orientada a averiguar cuál es la situación presente de la vivienda de los pobladores de Pampa Sitana, comparada con la situación anterior, y finalmente con la situación futura esperada.

Observación in situ: Se tiene en consideración la visita de algunas viviendas (las más representativas según los resultados de la encuesta) para poder conocer todos los aspectos relacionados con las dinámicas de vida que se dan en los hogares de la población objeto de este estudio.

Registro Fotográfico: Se consideró este aspecto como uno de los que más ayuda brinda, porque gracias a este se tiene un registro visual de los diferentes ambientes, estado, dinámicas y otros aspectos que resulten importantes para nuestra investigación.

En la indagación realizada en este estudio, se identificaron variables que engloban los principales aspectos que puedan satisfacer las necesidades básicas de vivienda de los pobladores de Pampa Sitana, Para luego, poder usarlos en la parte propositiva en el diseño de un módulo de vivienda que surja como una respuesta rápida y efectiva a un asentamiento inicial de habitabilidad.

Tabla 9.- Definición de las variables utilizadas en el análisis

VARIABLE	DEFINICIÓN DE LA VARIABLE
Preparación e Ingesta de Alimentos	Se refiere a la utilización adecuada del espacio diseñado para esta actividad, sin llegar a sufrir ningún tipo de lesión.
Desplazamiento	Se refiere a moverse libremente a través de los espacios de la vivienda.
Necesidades fisiológicas y aseo personal	Se refiere a utilizar el espacio propuesto (baño) para poder realizar las actividades fisiológicas y de aseo personal sin sentirse incómodo.
Descanso	Se refiere al correcto uso de los espacios diseñados que propicien un sueño reparador para poder realizar con normalidad las actividades diarias.
Socialización	Se refiere a la habilidad de los usuarios del hogar para relacionarse con sus familiares y amigos y promover actividades que propicien su bienestar.

Nota: La tabla muestra las variables consideradas en el estudio

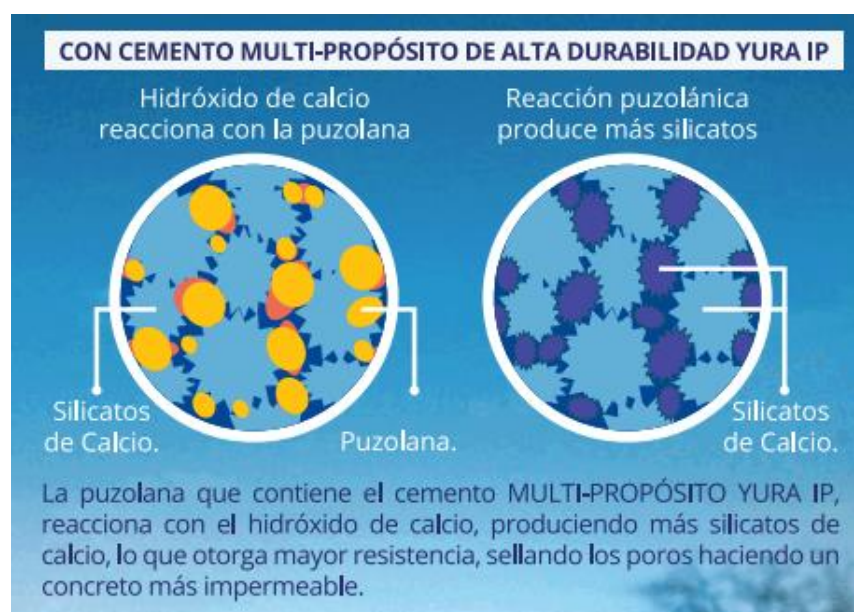
3.4 Materiales y equipos

3.4.1 Materiales

3.4.1.1 Cemento Portland Yura tipo IP multipropósito

Tomando como referencia la ficha técnica de cementos Yura (2019), esta variedad de cemento se produce mezclando clínker de alta calidad (puzolana natural de naturaleza volcánica) y yeso. Estos componentes son sometidos a un proceso de molienda industrial logrando la finura adecuada. El cemento multi-propósito Yura IP, debido a la puzolana natural de origen volcánico, posee una mayor área específica interna en comparación con otras puzolanas. Esta propiedad le confiere la capacidad de alcanzar en el tiempo resistencias a compresión mayores que otros tipos de cemento. La puzolana contenida en el cemento Multi Propósito Yura IP reacciona con el hidróxido de calcio, originando una mayor formación de silicatos de calcio. Esta reacción aumenta muchísimo la resistencia del cemento y resulta en el cierre de los poros del concreto, lo que a su vez genera impermeabilidad del mismo.

Figura 3.- Proceso por el cual se obtiene alta resistencia en el cemento Yura IP



Nota: Tomado de cemento Yura.

Tabla 10.- Propiedades fisicoquímicas y mecánicas del cemento Yura Tipo IP multipropósito

REQUISITOS	CEMENTO MULTI-PROPÓSITO YURA TIPO IP		REQUISITOS NORMA NTP 334.090 ASTM C-595		REQUISITOS NORMA NTP 334.009 ASTM C-150 (CEMENTO TIPO I)	
REQUISITOS QUÍMICOS						
MgO (%)			6.00 Máx.			
SO ₃ (%)	1,5 a 3,0		4.00 Máx.			
Pérdida por ignición (%)	1,5 a 4,0		5.00 Máx.			
REQUISITOS FÍSICOS						
Peso específico (gr/cm ³)	2,75 a 2,85		-			
Expansión en autoclave (%)	0,07 a 0,03		-0.20 a 0.80			
Fraguado Vicat inicial (minutos)	170 a 270		45 a 420			
Contenido de aire	2,5 a 8,0		12 Máx			
Resistencia a la compresión						
	Kgf/cm ²	MPa	Kgf/cm ²	MPa	Kgf/cm ²	MPa
3 días	175 a 200	17,1 a 19,6	133 Min	13	122 Min	12Min
7 días	225 a 255	22 a 25	204 Min	20	194 Min	19 Min
28 días	306 a 340	30 a 33,3	255 Min	25	-	-
Resistencia a los sulfatos						
	%		%			
% Expansión a los 6 meses	< 0,04		0.05 Máx			
% Expansión a 1 año	< 0,05		0.10 Máx			

Nota: Tomado de cementos Yura.

3.4.1.2 El agua

El agua utilizada en esta investigación proviene de fuentes naturales superficiales y subterráneas, que han sido sometidas a un tratamiento de potabilización en la planta de Calana. Este componente tiene la propiedad de reaccionar químicamente con el clínker y el yeso durante la preparación del concreto. Además, es importante que el agua tenga una apariencia clara y nítida físicamente (Anicama G., 2010). En nuestra investigación se ha utilizado agua potable de la ciudad de Tacna con un pH promedio de 7,4 según mediciones de la SUNASS.

3.4.1.3. Agregado fino

Es el material resultante de la desintegración natural o artificial que debe tener un tamaño estandarizado de 9,5 mm (3/8"). El material utilizado en nuestra investigación proviene de las canteras de Viñani, la cual, se ajusta a los límites establecidos en la norma NTP 400.037 (Norma Técnica Peruana 400.037, 2019).

3.4.1.4 Agregado grueso

Este material, al igual que el anterior resulta de la desintegración natural o artificial y debe tener un tamaño de 4,75 mm (N° 4). Al igual que el caso anterior se ha utilizado agregado grueso de las canteras de Viñani, las cuales cumplen con los parámetros establecidos en la norma NTP 400.037. Hay que considerar varias propiedades físicas comunes en el agregado que son relevantes para entender cómo se desempeñará en el concreto (Norma Técnica Peruana 400.037, 2019).

3.4.1.5 Relave de Toquepala

Los relaves son los desechos generados como resultado del proceso de recuperación selectiva de minerales, como cobre y molibdeno, mediante la técnica de flotación por espuma. Estos desechos están constituidos por partículas sólidas de tamaño muy pequeño, mezcladas con agua, formando un lodo. El componente principal de este material es la sílice. Uno de los objetivos clave de esta tesis fue caracterizar fisicoquímicamente el relave de Toquepala. Para lograrlo, se utilizó el microscopio electrónico de barrido (MEB) para estudiar su morfología y realizar un análisis elemental. Asimismo, se empleó el difractor de rayos X (DRX) para identificar las principales especies mineralógicas presentes en el relave. Estos análisis permitieron obtener una comprensión más profunda de la composición y características del relave para futuras investigaciones y aplicaciones.

3.4.2 Equipos

3.4.2.1 Microscopio electrónico de Barrido y microanálisis

La microscopía electrónica de barrido (MEB) es una técnica que proporciona imágenes superficiales de alta resolución. En lugar de utilizar luz visible para capturar una imagen real como un microscopio óptico, el MEB emplea electrones para la formación de imágenes virtuales. Una de las principales ventajas del SEM es su mayor

aumento, que puede superar las 100,000 veces, y una mayor profundidad de campo, que puede llegar a ser hasta 100 veces mayor que la de la microscopía óptica.

La microscopía MEB utiliza electrones retrodispersados para obtener información sobre la composición elemental y la morfología superficial de la muestra. La resolución óptima para obtener imágenes de electrones retrodispersados es de 5,5 nm. Por otro lado, la resolución de imagen para electrones secundarios en una muestra ideal es de 3,5 nm cuando se emplea una fuente de electrones del tipo filamento de tungsteno-BEM. Estas capacidades permiten un análisis preciso y minucioso de las muestras a nivel microscópico utilizando el MEB (Tavarez G., 2017).

El microscopio electrónico de barrido utilizado en este estudio es el modelo Scios2 de Thermoscientific, que cuenta con un haz de iones focalizado para la preparación de muestras de alta calidad y una caracterización en 3D de muy alta resolución. Este equipo se encuentra en el laboratorio de Microscopía de la Facultad de Ingeniería de Procesos de la Universidad Nacional San Agustín de Arequipa. A continuación, se muestra una fotografía del microscopio. Gracias a este microscopio, se ha podido realizar una detallada caracterización de la morfología superficial y el análisis elemental de las muestras del relave de Toquepala en el estudio.

Figura 4.- *Microscopio Electrónico de Barrido de la UNSA*



Tomado del laboratorio de Microscopía de la UNSA

3.4.2.2 Difractómetro de rayos X (DRX)

En 1912 Von Laue descubrió que los cristales difractan los rayos X, lo que llevó a la creación de la técnica de difracción de rayos X (DRX). Esta herramienta se utiliza para revelar la estructura cristalina de la materia y ha demostrado ser fundamental para el análisis de diversos materiales. Aunque inicialmente se usaba solo para determinar la estructura cristalina, posteriormente, se descubrieron otras aplicaciones, como el análisis químico, la medición de esfuerzos residuales en la red cristalina y el equilibrio de fases, entre otras. La versatilidad del DRX lo ha convertido en una herramienta indispensable en la investigación y análisis en diversos campos científicos y tecnológicos (Tavarez G. , 2017).

El difractómetro de la empresa PANalytical, modelo AERIS, fue utilizado en este estudio para determinar las especies mineralógicas presentes en el relave de Toquepala. Este equipo es de tipo portátil y se encuentra ubicado en el Laboratorio de Microscopía de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann de Tacna.

Figura 5. - Difractómetro de banco AERIS de la UNJBG



Tomado del laboratorio de microscopía de la Escuela de Metalurgia-UNJBG

3.4.2.3 Analizador de cemento por fluorescencia de rayos X ARL-ThermoFisher

La fluorescencia de rayos X (FRX) es ampliamente utilizada para el análisis elemental y químico en diversas aplicaciones, como en la investigación de metales, vidrios, cerámicos y materiales de construcción. Este fenómeno se produce cuando un material es excitado por rayos X de alta energía o rayos gamma, lo que provoca la emisión de rayos X secundarios (o fluorescentes) característicos del material. La detección y medición de estos rayos X permiten obtener información detallada sobre la composición y estructura de los materiales analizados (Beclhoff, 2006). Por esta razón, el análisis del relave de Toquepala se llevó a cabo en el laboratorio de Control de Calidad de Ultracem-Colombia.

Figura 6.- Equipo de fluorescencia de Rayos X Ultracem-Colombia



Tomado del laboratorio de control de calidad de Ultracem

Para preparar los pellets prensados, las muestras se trituraron y molieron en un molino a hasta malla -50 micras para reducir efectos del tamaño de las partículas. A continuación, el polvo fino se prensa en un anillo de acero o sobre un soporte de bórax para proporcionar estabilidad mecánica.

3.4.2.4 Prensa de hidráulica para ensayos de compresión del concreto

Una prensa hidráulica de la empresa KAIZACORP SAC modelo ATYE-2000 con una capacidad de hasta 2000 kN ha sido utilizada para determinar la resistencia a la compresión de las briquetas de concreto con relave en diferentes proporciones. Este equipo está diseñado para medir la resistencia a compresión de todo tipo de elementos constructivos de acuerdo a la norma internacional. Todos los ensayos a compresión de las 45 briquetas se ejecutaron en esta prensa que pertenece a la empresa INGEOTEC E.I.R.L. de la ciudad de Tacna.

Figura 7.- Prensa Hidráulica del Laboratorio de concreto INGEOTEC



Tomado del laboratorio de concretos INGEOTEC

3.4.2.5 Determinación del índice de fluidez del relave de Toquepala

Para lograr la homogeneización del mortero entre el cemento y el árido o relave, es fundamental determinar el índice de fluidez del mortero (cemento+árido+agua). Esta determinación nos permite obtener la cantidad precisa de agua necesaria. En este ensayo se utilizó la NTP 334.057.

Para el ensayo se mezcló 1000 gr de arena o relave con 250 gr de cemento Portland y 250 ml de agua en una mesa de fluidez como se observa en la siguiente figura. Se introdujo el mortero al molde en dos etapas cada una con 20 golpes del apisonador. Luego se sacó el molde y se aplicó la manija 15 veces de modo que el mortero se extienda sobre la mesa haciendo 4 mediciones.

Figura 8. - Mesa de Fluidez del laboratorio de Mixecom_Lima



Tomado del laboratorio de control de calidad del concreto Mixecom

Finalmente, el índice de fluidez del mortero con y sin relave de Toquepala se obtiene a través de la siguiente relación:

$$\text{Índice de Fluidez (\%)} = \frac{D_P - D_I}{D_I} \times 100$$

D_P : Promedio de los diámetros de las 4 mediciones realizadas

D_I : Diámetro inicial de la pasta o diámetro del anillo (10,16 cm).

3.4.2.6 Determinación del Índice de puzolanidad del relave de Toquepala

El índice de actividad puzolánica resistente se calcula para valorar el aporte a la resistencia del material puzolánico. Específicamente, este índice se aplica a cenizas volantes con una sustitución del 30 % del cemento Portland. En el caso nuestro, el análisis se llevó a cabo para verificar el aporte del relave de Toquepala a la resistencia mecánica y compararlo con una de las adiciones más utilizadas normalmente, de acuerdo con la norma NTP 334.066. Según esta norma, el índice de actividad a 28 días del relave de Toquepala no debe ser inferior al 75 % con la adición de relave del 30 %.

El indicador de reactividad puzolánica utilizando el cemento Portland se calcula de la siguiente manera:

$$\text{Índice de Actividad Puzolánica (\%)} = \left(\frac{A}{B}\right) \times 100$$

A: Resistencia a la compresión con sustitución del 30 % del cemento con relave

B: Resistencia a la compresión sin relave.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS

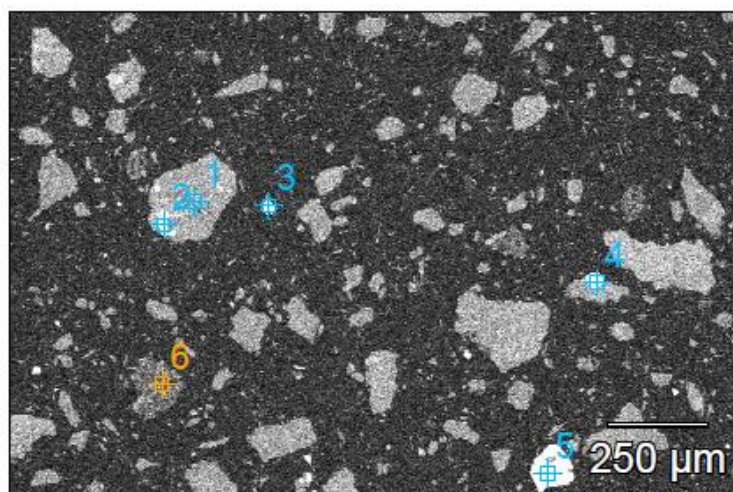
4. RESULTADOS

4.1 Caracterización fisicoquímica del relave

4.1.1 Microscopía electrónica de barrido (MEB) y EDAX

Utilizando un microscopio electrónico de barrido Thermoscientific modelo Scios2 Ambiental SEM con filamento de Tungsteno y detector EDAX Elemental, se caracterizaron las muestras morfológicamente y se determinó la composición química del relave de Toquepala.

Figura 9.- Micrografía SEM del relave de Toquepala

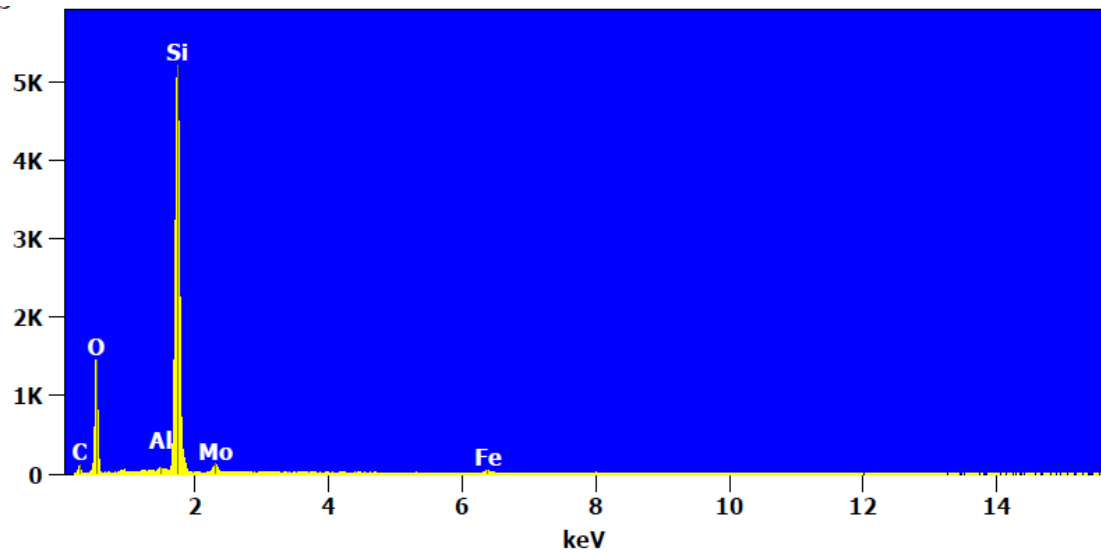


Tomado del reporte de laboratorio de microscopía UNAS

La figura anterior presenta la micrografía por SEM de los relaves de la mina de Toquepala que exhibe la microestructura típica de partículas con diferente angularidad y una distribución heterogénea de la granulometría.

El análisis semicuantitativo mediante EDAX indica al Silicio (Si), Aluminio (Al), Molibdeno (Mo) y Hierro (Fe), como los elementos primarios de composición en este relave minero. También se observa algunas trazas de Calcio (Ca), Potasio (K), y Cobre (Cu).

Figura 10.- Espectro EDAX del relave de Toquepala mostrando los principales elementos



Tomado del reporte del laboratorio UNSA

Tabla 11.- Composición elemental del relave de Toquepala mediante EDAX

Relave Minero	O	Mo	Al	Si	K	Ca	Cr	Fe	Ni	Cu	Zn	As
TOQUEPALA	41,4	3,46	0,28	47,9	0,1	2,6		1,52				

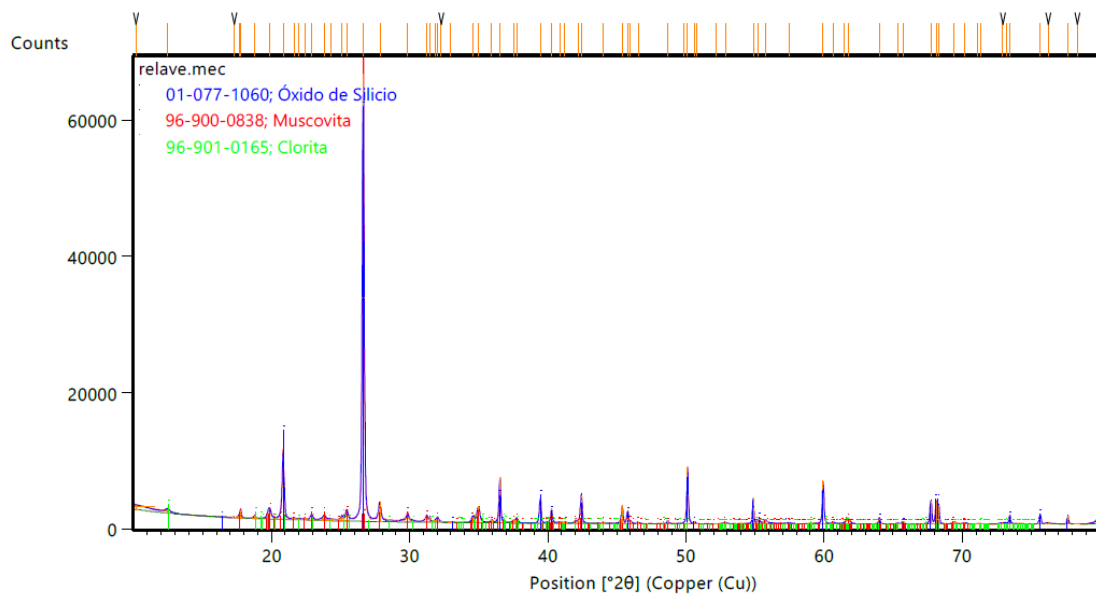
4.1.2 Difracción de rayos X (DRX)

Se utilizaron estos análisis para investigar las especies mineralógicas presentes en el relave de Toquepala. Para estas mediciones, se empleó un equipo de rayos X PANanalytical modelo AERIS. La radiación de rayos X utilizada fue Cu K α , con una longitud de onda de 1.5418 Å. La corriente fue de 40 mA y la tensión de 45 kV. Todas

las muestras fueron analizadas con un rango de ángulo de 2θ entre 10° y 90° , y se mantuvieron constantes el tiempo de escaneo y los parámetros del instrumento.

El difractograma del relave de la concentradora de cobre, identifica que la principal fase mineral cristalina es el Cuarzo (SiO_2). Aunque en materiales activados por álcalis y geopolímeros, el cuarzo es menos reactivo que otros componentes, se ha encontrado que en un ambiente alcalino, el cuarzo muestra cierta reactividad química. Además, cuando está finamente molido, puede proporcionar lugares de nucleación para la formación dispersa de los productos de hidratación (Perumal y col. (2021), Zhang y col. (2020)).

Figura 11.- Difractograma del relave de Toquepala mostrando las principales especies mineralógicas



Tomado del reporte del laboratorio de la UNJBG

Además, otras fases como la Muscovita ($\text{KSi}_3\text{Al}_3\text{O}_{12}$) y Clorita [$\text{Mg}_{9.17}\text{Fe}_{1.02}\text{Al}_{3.46}\text{Si}_{6.35}\text{O}_{36}$] también fueron identificados. En la muestra analizada se encontraron 3 fases:

Tabla 12.- Especies mineralógicas presentes en el relave de Toquepala

Base de Datos	Nombre del Mineral	Formula General	% Aproximado
01-077-1060 (JCPDS)	Óxido de silicio	SiO ₂	61
96-900-0838 (COD)	Muscovita	K Si ₃ Al ₃ O ₁₂	37
96-901-0165 (COD)	Clorita	Mg _{0,17} Fe _{1,02} Al _{3,46} Si _{6,35} O _{36,00}	2

4.1.3 Resultados del Análisis por FRX

A continuación, se presentan los resultados comparativos entre el relave de Toquepala y una puzolana natural en la siguiente tabla:

Tabla 13.- Composición en porcentaje de óxidos del relave de Toquepala y puzolana natural medida por fluorescencia de rayos X

RELAVE MINERO		PUZOLANA NATURAL	
ANÁLISIS QUÍMICO		ANÁLISIS QUÍMICO	
CaO	5,68	CaO	1,14
SiO ₂	60,44	SiO ₂	71,50
Al ₂ O ₃	16,30	Al ₂ O ₃	12,62
MgO	1,45	MgO	0,31
Fe ₂ O ₃	3,52	Fe ₂ O ₃	1,08
SO ₃	0,00	SO ₃	4,17
K ₂ O	3,90	K ₂ O	3,49
Na ₂ O	1,19	Na ₂ O	0,20
LOI	4,20	LOI	2,91
% Humedad	12,38	% Humedad	3,50

Tomado de los reportes del laboratorio Ultracem-Colombia

De los valores obtenidos en los cuadros anteriores se observa que el porcentaje de sílice (SiO₂) que posee el relave de Toquepala es aceptable, sin embargo, el porcentaje de alúmina (Al₂O₃) es mayor que el de la puzolana natural, lo que implicaría un comportamiento arcilloso y de menor fluidez.

En la tabla anterior, también se puede observar que el valor de pérdida por calcinación (LOI) es de 4,2 % para el relave de Toquepala, lo cual, cumple con la NTP 334.127 que afirma que para la puzolana natural este valor debe ser menor al 10 %.

4.2 Ensayos de resistencia del concreto sustituyendo el cemento por relave

A continuación, se presentan los resultados de las pruebas de resistencia a compresión realizados en la prensa hidráulica STYE-2000 para las 45 briquetas. Los valores obtenidos están expresados en kg/cm² y se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 14.- Resultados de pruebas de resistencia a compresión para briquetas con diferentes porcentajes de relave en kg/cm²

	Control	5 %	10 %	15 %	20 %	Promedio
7 días	220,51	183,35	176,29	120,96	144,24	171,90
	210,75	181,85	173,97	152,27	157,06	
	190,29	182,91	180,82	154,65	148,62	
14 días	234,55	201,51	179,25	161,13	164,45	184,06
	196,88	199,07	198,14	174,69	145,20	
	179,44	205,54	196,44	163,33	161,34	
28 días	250,68	238,90	240,22	206,93	172,16	221,88
	240,68	245,36	245,56	205,84	188,83	
	245,17	242,19	235,80	196,76	173,12	
Promedio	218,77	208,96	202,94	170,73	161,77	192,62

El primer ensayo de hipótesis que se ha formulado es el siguiente:

Ho: El porcentaje de relave no influye en la resistencia del concreto.

H1: El porcentaje de relave si influye la resistencia del concreto.

Para verificar nuestra primera hipótesis, se llevó a cabo un análisis de varianza con los datos proporcionados en la tabla anterior. Este análisis permitirá determinar si existen diferencias significativas en las resistencias obtenidas entre las briquetas de relave de Toquepala y la puzolana natural. Los resultados del análisis de varianza nos ayudarán a evaluar si nuestras hipótesis iniciales se confirman o no. Este análisis propuesto por Fisher, afirma que la variación de los 45 datos (varianza total) se debe a que hemos utilizado diferentes mezclas de concreto (varianza de los tratamientos o columnas), diferentes tiempos de fraguado (varianza de los bloques o filas) y al error experimental

(diferencia entre pruebas repetidas). Lo expresado anteriormente se puede sintetizar mediante la siguiente ecuación:

$$V_{TOTAL} = V_{TRATAMIENTOS} + V_{BLOQUES} + V_{ERROR}$$

Mediante el programa estadístico (STATGRAPHICS-19) se realizaron los cálculos para poder presentarlos en el siguiente cuadro.

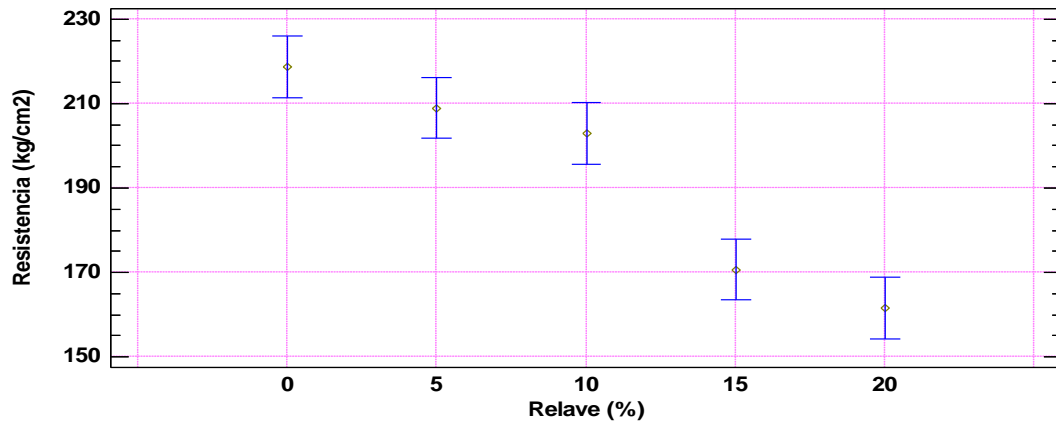
Tabla 15.- ANOVA para la resistencia del concreto con diferentes porcentajes de relave a diferentes tiempos

<i>Componentes</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>de gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón - F</i>	<i>Valor - P</i>
VARIABLES					
A: Relave (%)	22453,585	4	5613,3961	44,37	0,0000
B: Tiempo de fraguado (d)	20378,409	2	10189,204	80,54	0,0000
INTERACCIONES					
AB	1899,1817	8	237,39771	1,88	0,1014
RESIDUOS	3795,4852	30	126,51617		
TOTAL (CORREGIDO)	48526,66	44			

De acuerdo con los resultados de la tabla y considerando que el valor de p (máxima probabilidad de rechazar H_0) es menor a 0,01, podemos concluir que rechazamos la hipótesis nula H_0 con un 99 % de confianza y aceptamos la hipótesis alternativa H_1 . Esto indica que la cantidad de relave añadido al cemento sí afecta la resistencia del concreto.

El gráfico siguiente muestra las resistencias promedio para los diferentes porcentajes de relave añadidos al concreto. Este gráfico nos proporciona una representación visual de cómo varía la resistencia del concreto con diferentes cantidades de relave, lo que respalda aún más la conclusión obtenida del análisis de varianza.

Figura 12.- Gráfico de medias para resistencia del concreto dependiendo de la cantidad de relave



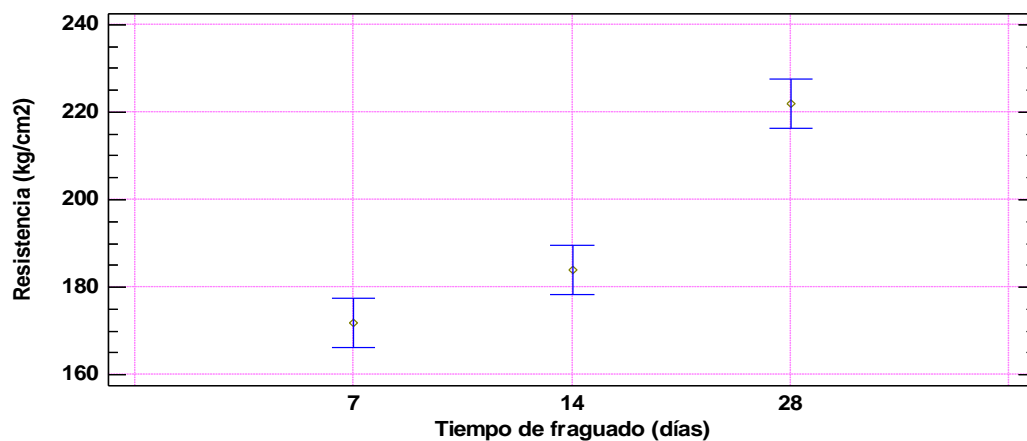
En el gráfico anterior se observa que a partir del 15 % de relave añadido al concreto, la resistencia del mismo disminuye progresivamente. El segundo ensayo de hipótesis que se ha formulado es el siguiente:

Ho: El tiempo de fraguado no afecta la resistencia del mortero.

H1: El tiempo de fraguado si afecta la resistencia del mortero.

Teniendo en cuenta el valor de $p < 0,01$ para el tiempo de fraguado, podemos rechazar Ho con un 99 % de confianza. Esto quiere decir que el tiempo de curado si afecta la resistencia del concreto. Esto lo podemos corroborar presentando el gráfico de medias (sobre nueve observaciones) para el tiempo de fraguado.

Figura 13.- Efecto del tiempo de curado en la resistencia del concreto



Como era de esperar, a los 28 días la resistencia del concreto es significativamente superior. Esto concuerda con la normativa de la mayoría de países, que establece que la medición de la resistencia a compresión del concreto se realiza a esta edad, en la cual el concreto ha alcanzado una consolidación casi total, permitiendo una medición más precisa y representativa de su resistencia.

Se ha considerado el último bloque de la Tabla 14 para evaluar el efecto del porcentaje de relave en el concreto, tomando en cuenta la resistencia a los 28 días.

Tabla 16.- Resistencia del concreto a los 28 días de fraguado en kg/cm²

	Control	5 %	10 %	15 %	20 %
28 días	250,68	238,90	240,22	206,93	172,16
	240,68	245,36	245,56	205,84	188,83
	245,17	242,19	235,80	196,76	173,12
Promedio	245,51	242,15	240,53	203,18	178,04

En este caso la hipótesis que se formuló es la siguiente:

Ho: El porcentaje de relave a los 28 días no afecta la resistencia a la compresión.

H1: El porcentaje de relave a los 28 días si afecta la resistencia a la compresión.

Para comprobar esta hipótesis se ejecutó un ANOVA con los valores de la tabla anterior. Este análisis propuesto por Fisher, afirma que la variación de los 15 datos (varianza total) se debe a que hemos utilizado diferentes mezclas de concreto (varianza de los tratamientos o columnas y al error experimental (diferencia entre pruebas repetidas). Lo expresado anteriormente se puede sintetizar mediante la siguiente ecuación:

$$V_{TOTAL} = V_{TRATAMIENTOS} + V_{ERROR}$$

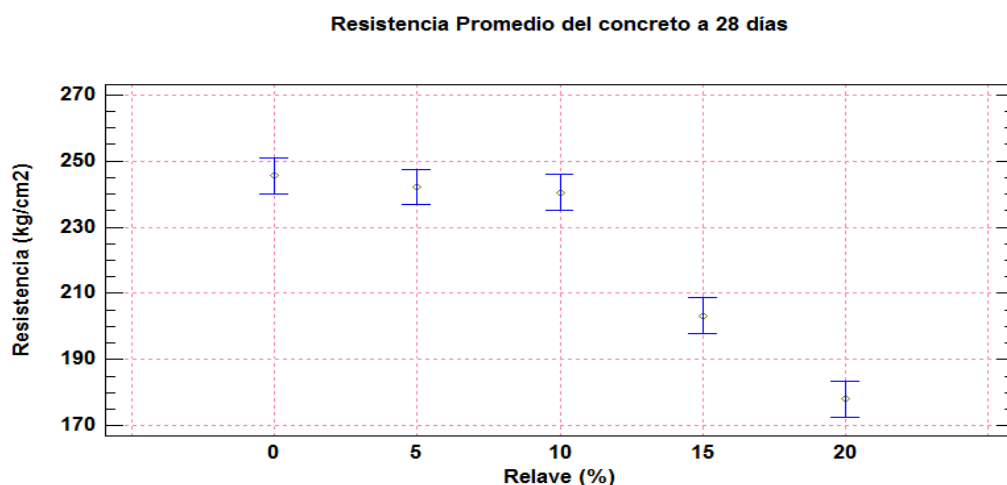
Mediante el programa estadístico (STATGRAPHICS-19) se realizaron los cálculos, los cuales se observan el siguiente cuadro:

Tabla 17.- ANOVA para la resistencia del concreto con diferentes porcentajes de relave a los 28 días

Componente	Suma de Cuadrados	gl	Cuadrado Medio	Razón - F	Valor - P
Relave (%)	10767, 002	4	2691,7504	75, 53	0, 00001
Error	356, 3708	10	35, 63708		
Total (Corr.)	11123, 372	14			

De la tabla anterior podemos concluir que al ser el valor de p (máxima probabilidad de rechazar H_0) $< 0,01$ rechazamos con 99 % de confianza la hipótesis nula H_0 y aceptamos H_1 . Esto quiere decir que el contenido de relave si influye sobre la resistencia a compresión del concreto. El gráfico siguiente nos muestra las resistencias promedio (basado en tres observaciones) para los diferentes porcentajes de relave añadidos al concreto a los 28 días de fraguado.

Figura 14.- Gráfico de resistencias medias del concreto en función del contenido de relave a los 28 días



En el gráfico anterior se observa que hasta el 10 % del relave añadido al concreto la resistencia del mismo se mantiene estadísticamente constante. También se puede observar que a porcentaje mayores del 10 % la resistencia del concreto disminuye progresivamente. También se observa que hasta el 20 % de relave el concreto aún tiene

una resistencia aceptable para diferentes elementos constructivos, como ladrillos de concreto, pisos, tabiques, etc. Esto implica que podemos sustituir el cemento del concreto por relave hasta el 10 % sin alterar su resistencia. Esto disminuiría significativamente el costo de los elementos constructivos y al mismo tiempo se daría uso a un material de desecho.

Si observamos las resistencias promedio de la tabla 18, podemos observar que hasta el 10 % de relave añadido las resistencias superan por mucho los 210 kg/cm², requisito para el concreto en la mayoría de elementos constructivos.

Tabla 18.- Resistencia promedio a los 28 días en función del porcentaje de relave

<i>Relave</i>	<i>Recuento</i>	<i>Promedio</i>	<i>Desviación Estándar</i>	<i>Coficiente de Variación</i>	<i>Mínimo</i>	<i>Máximo</i>	<i>Rango</i>
0	3	245,51	5,0086625	2,0401053 %	240,68	250,68	10,0
5	3	242,15	3,2301858	1,3339607 %	238,9	245,36	6,46
10	3	240,53	4,8872214	2,0318834 %	235,8	245,56	9,76
15	3	203,18	5,5836577	2,7481786 %	196,76	206,93	10,17
20	3	178,04	9,3596172	5,257129 %	172,16	188,83	16,67
Total	15	221,88	28,187348	12,703871 %	172,16	250,68	78,52

4.3 Resultados del índice de Fluidez del relave de Toquepala

Para corroborar el comportamiento arcilloso del relave por efecto del mayor contenido de alúmina se determinó el índice de fluidez del relave comparándolo con la de un mortero normal. Los resultados se observan en la siguiente tabla.

Tabla 19.- Índice de fluidez del relave de Toquepala comparado con mortero normal

Material	Agua(ml)	Peso (gr)	Cemento (gr)	D _i (cm)	D _i (cm)	D _p (cm)	Fluidez
Arena	250	1000	250	10,16	21,2 21,4 21,3 21,5	21,35	110
Relave	250	1000	250	10,16	19,5 19,3 19,4 19,5	19,43	91

En el cuadro anterior se evidencia que el índice de fluidez del relave de Toquepala es inferior al de un mortero normal, indicando un comportamiento arcilloso por efecto del mayor contenido de alúmina determinado en el análisis por FRX.

4.4 Resultados del índice de puzolanicidad del relave de Toquepala

Tabla 20.- Actividad puzolánica del relave de Toquepala comparado con mortero normal

Resistencia (kgf/cm ²)			Actividad Puzolánica
Patrón cemento Tipo I	100	70	
Relave de Toquepala	0	30	
Resistencia 28 días	366	242	66

De acuerdo a la NPT 334.066 el relave de Toquepala no cumple con la exigencia mínima que es del 75 %. Esto se debe a que la sílice del relave es mayoritariamente cristalina, la cual, no es reactiva para fomentar la actividad puzolánica. Para que el relave pueda tener actividad puzolánica se debe activar térmicamente, es decir calcinarlo entre 400 °C y 700 °C para que se forme sílice amorfa, la cual, es mucho más reactiva.

4.5 Resultados de la encuesta y análisis para la propuesta de vivienda en Pampa Sitana

4.5.1 Estado actual de las viviendas

En este apartado se busca conocer cuál es el estado actual de las viviendas de los pobladores de Pampa Sitana, punto que incluye identificar la materialidad y el grado de consolidación de éstas que nos otorgará un panorama objetivo para nuestra futura intervención.

a) Identificación de las viviendas

Se realizó un análisis y luego un mapeo para poder obtener el número de viviendas que se encuentran habitadas en el sector de Pampa Sitana.

Figura 15.- Mapeo del número y ubicación de las viviendas en Pampa Sitana

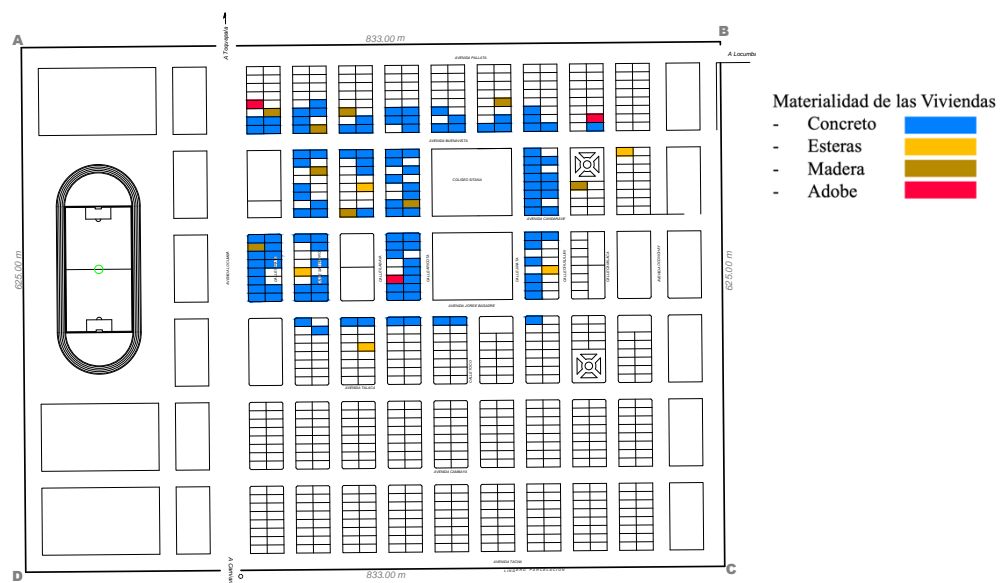


Gracias al mapeo se obtuvo el número exacto y la ubicación de viviendas existentes, el cual asciende a 132 viviendas con ocupación activa en el centro poblado.

b) Materialidad de las viviendas

Es importante saber de qué tipo material están hechas las viviendas habitadas en el centro poblado de Pampa Sitana, para determinar y analizar la tendencia constructiva de los pobladores, así como las proyecciones que se pueden hacer a partir de estas.

Figura 16.- Mapeo de la materialidad presente en las viviendas de Pampa Sitana



Gracias a la identificación de la materialidad de las viviendas se puede afirmar que el material predominante de construcción en Pampa Sitana es el concreto, además de ser el que mayor confort brinda en comparación a sus pares encontrados.

c) Estado de consolidación de las viviendas

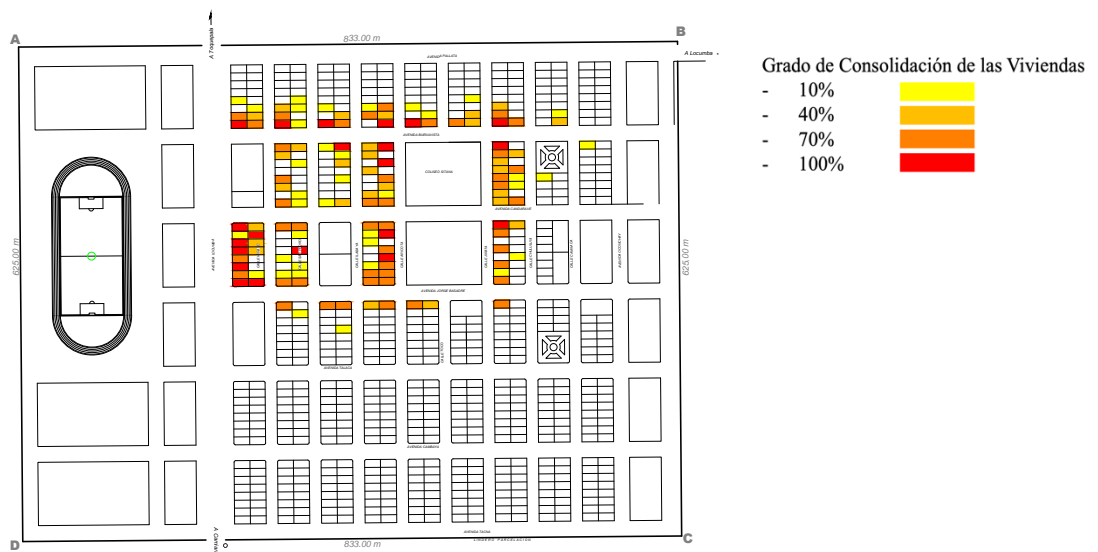
Conocer el grado de consolidación de las viviendas del centro poblado de Pampa Sitana nos servirá para conocer en qué fase de desarrollo se encuentra el centro poblado.

Para esto se utilizó la siguiente metodología para el proceso de catalogación del estado de consolidación de viviendas en Pampa Sitana.

Tabla 21.- Criterios para la determinación del grado de consolidación de vivienda

Grado de Consolidación de Vivienda	
Porcentaje	Características
10 %	La vivienda presenta cualquier tipo de cerramiento que permita crear privacidad, ofrecer el primer nivel de protección y diferenciarla de la calle como zona pública.
40 %	La vivienda, además de contar con cerramiento, cuenta con uno o más espacios en su interior que permiten el desarrollo de actividades, aún sin un diferenciamiento de zonas o ámbitos.
70 %	Se empiezan a diferenciar una organización por zonas o ámbitos que aportarán jerarquía y especializaciones dentro de la vivienda, tales como: Zona social, Zona de Servicios y Zona privada
100 %	La vivienda cuenta con todas las características anteriores, además de espacios flexibles o muta para dar lugar a nuevos usos como: Tiendas, Hospedajes, Talleres, etc.

Tabla 22.- Mapeo del grado de consolidación de las viviendas de Pampa Sitana



Se puede afirmar que:

21 (15,91 %) viviendas que presentan un grado de consolidación del 100 %

45 (34,09 %) viviendas que presentan un grado de consolidación del 70 %

29 (21,97 %) viviendas que presentan un grado de consolidación del 40 %

37 (28,03 %) viviendas que presentan un grado de consolidación del 10 %

Entonces, se concluye que Pampa Sitana es un centro poblado que se encuentra aún en proceso de consolidación, lo que hace que nuestra intervención sea totalmente compatible con los intereses y situación de pobladores.

4.5.2 Caracterización demográfica

En esta parte de la investigación se realizó una caracterización demográfica a través de las muestras (encuestas estructuradas) que se realizaron a los pobladores de Pampa Sitana, también a través de estas podremos conocer la percepción que estos tienen sobre su calidad de vida y sobre la situación real en las que se encuentra su vivienda.

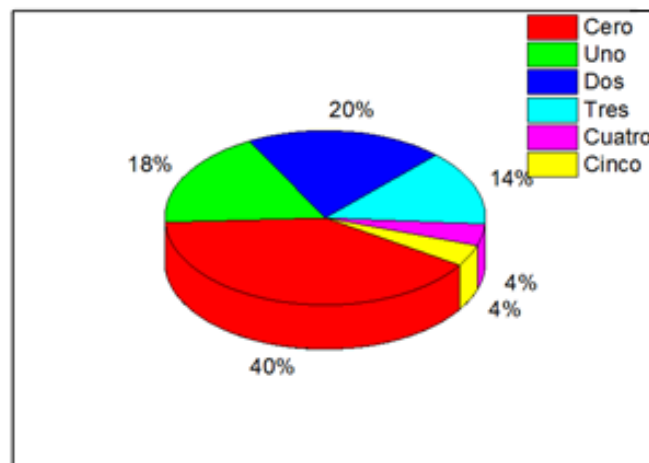
Los valores extraídos mediante el reflejan que el número de habitantes promedio de un hogar en el centro poblado de Pampa Sitana es de 3,04 habitantes por vivienda. También se pudieron detectar casos atípicos como:

- Vivienda con 7 habitantes
- Vivienda en donde habitan 2 hogares
- Viviendas de hombres solos
- Viviendas de Mujeres solas

A continuación, se procederá a mostrar en gráficos la información que se obtuvo:

a) **Número de menores de edad por casa**

Figura 17.- Número de hijos menores de 18 años por vivienda

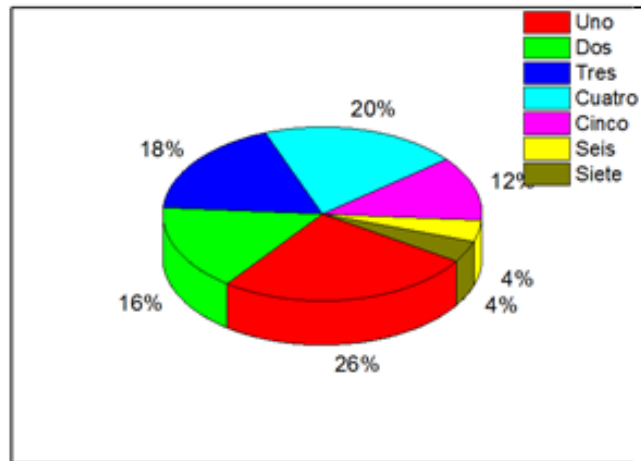


Fuente: Elaboración propia

En la figura se observa que el 40 % de los habitantes de Pampa Sitana no tienen hijos menores de 18 años, el 18 % tiene un solo hijo menor de 18 años, el 20 % tiene dos hijos menores a 18 años, el 14 % tiene tres hijos menores a 18 años y un 4 % tiene más de 3 hijos menores a 18 años.

b) Número de pobladores por casa

Figura 18.- Número de pobladores por casa

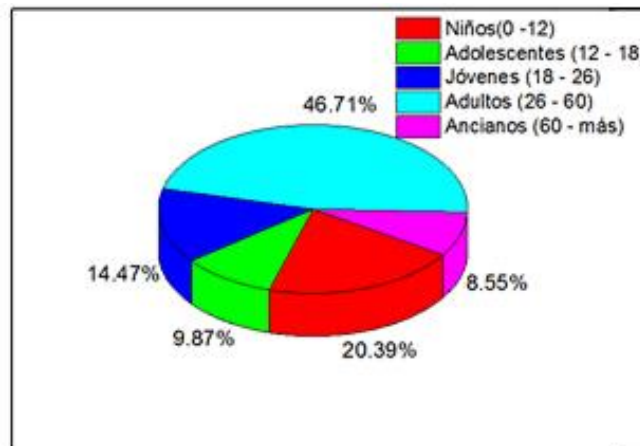


Fuente: Elaboración propia

En la figura anterior se observa que el 26 % de los habitantes de Pampa Sitana vive solo, el 16 % de las viviendas tiene dos personas, el 18 % de las viviendas tiene tres personas, el 20 % de las viviendas tiene 4 personas, el 12 % de las viviendas tiene 5 y el 8 % de las viviendas tiene más de 5 personas.

c) Cantidad de habitantes según su grupo etáreo

Figura 19.- Número de habitantes por grupo etario

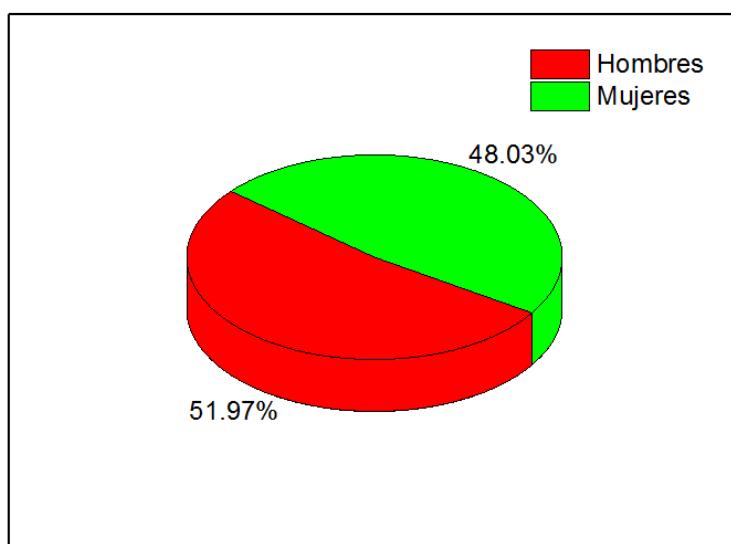


Fuente: Elaboración propia

En la figura se observa que el 46,1 % de los habitantes de Pampa Sitana son adultos entre 26 y 60 años, el 20,39 % de sus habitantes son niños de 0 a 12 años, el 14,47 % de sus habitantes son jóvenes de 18 a 26 años, el 9,87 % son adolescentes y el 8,55 % son personas de la tercera edad.

d) Cantidad de habitantes por género

Figura 20. - Número de habitantes por género



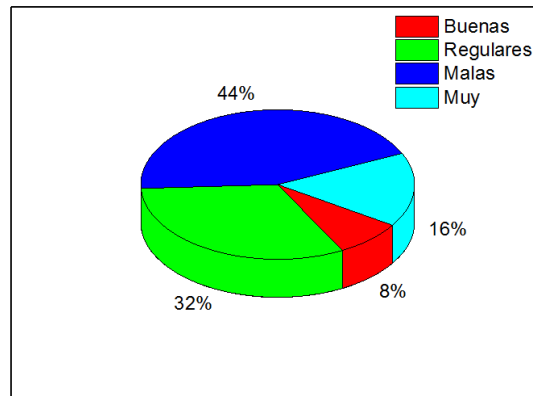
Fuente: Elaboración propia

En la figura se observa que cerca del 52 % de los habitantes de Pampa Sitana son mujeres, mientras que el 48 % son varones.

4.5.3 Análisis de la valoración del bienestar personal y social

a) Valoración de la calidad de vida ofrecida por la vivienda

Figura 21.- Valoración de la calidad de vida ofrecida por la vivienda



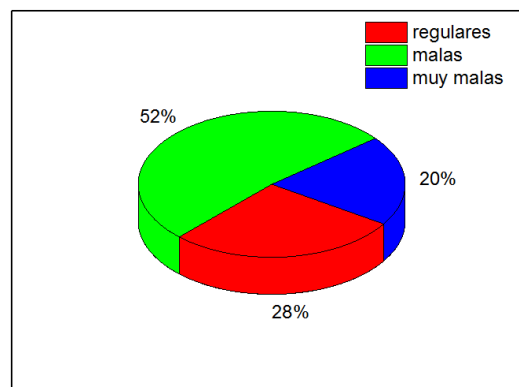
Fuente: Elaboración propia

En la figura se observa que el 44 % de los habitantes de Pampa Sitana indica que su bienestar personal y social es mala, 32 % considera que su calidad de vida es regular, 16 % considera que su calidad de vida es muy mala y solamente el 8 % considera que su calidad de vida es buena.

De la encuesta se puede deducir que los habitantes de Pampa Sitana relacionan directamente la calidad de vida con la materialidad de vivienda principalmente, así como a elementos propios de sistemas constructivos específicos (muros, columnas, vigas).

b) Valoración de las condiciones de la vivienda

Figura 22.- Evaluación de las condiciones de la vivienda



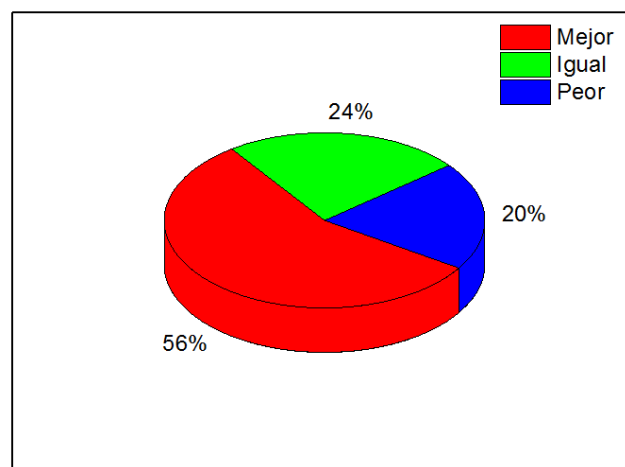
Fuente: Elaboración propia

En la figura se observa que el 52 % de los pobladores de Pampa Sitana expresa que las condiciones de su vivienda son malas, el 28 % afirma que las condiciones de su vivienda son regulares y el 20 % afirma que las condiciones de su vivienda son muy malas.

c) Percepción del bienestar actual y anterior respecto a la vivienda

Esta pregunta se hizo con el propósito de averiguar si antes de llegar a Pampa Sitana el estado de su vivienda era mejor o peor que el estado actual. Debemos acotar que muchos de los pobladores actuales son producto de la migración interna de la sierra hacia la costa.

Figura 23.- Percepción del bienestar actual y anterior de las condiciones de la vivienda

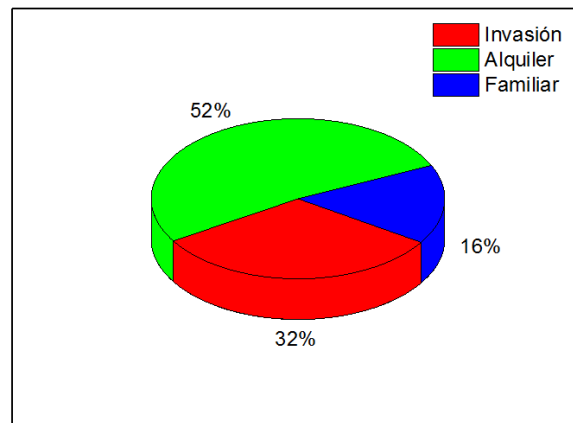


Fuente: Elaboración propia

De la figura se observa que un 56 % de los habitantes de Pampa Sitana opina que sus condiciones actuales de vivienda son mejores que las anteriores, un 24 % afirma que las condiciones de vivienda anteriores y actuales son las mismas y un 20 % opina que las condiciones actuales son peores a las condiciones anteriores de vivienda.

d) Procedencia de los habitantes de Pampa Sitana

Figura 24.- Procedencia de los habitantes de Pampa Sitana



Fuente: Elaboración propia

En la figura se observa que el 52 % de los habitantes de Pampa Sitana son inquilinos, el 32 % invadieron los terrenos donde habitan y solamente el 16 % adquirieron sus terrenos formalmente a la municipalidad.

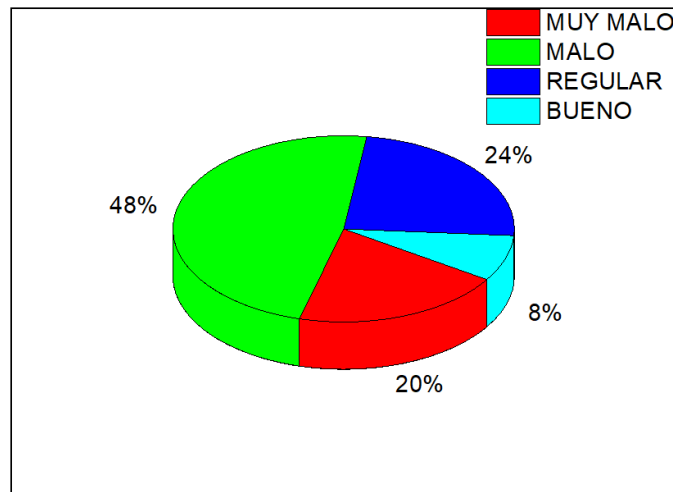
4.5.4 Ponderación de percepción en base a las variables consideradas

En este punto haremos la ponderación de los resultados obtenidos en la aplicación de la encuesta a los pobladores de Pampa Sitana, con respecto a los indicadores el bienestar personal y social que planteamos al principio de nuestro análisis: La ponderación se realizó una por una utilizando la herramienta de análisis llamada “Escalera de Cantril”, y tomando en cuenta las respuestas de los pobladores como sustento de esta valoración. A continuación, explicaremos como se han ponderado los resultados, y después analizaremos los testimonios de los usuarios para terminar con una conclusión que nos dé una idea de la problemática y posibles soluciones.

a) Preparación e Ingesta de alimentos

La valoración que hicieron los pobladores de Pampa Sitana que fueron encuestados fue la siguiente:

Figura 25.- Valoración del espacio destinado a la preparación e ingesta de alimentos



Fuente: Elaboración propia

De la figura se deduce que solamente el 8 % de los encuestados opina que el espacio destinado a la preparación e ingesta de alimentos es adecuado. Un 24 % opina que este espacio cumple regularmente su función y un 68 % no se encuentra conforme con su vivienda en cuanto a la ingesta y preparación de alimentos, algunas de las opiniones más comunes fueron:

- “Mi cocina es muy pequeña, todo está amontonado y a veces no tenemos ni espacio para guardar nuestros alimentos”
- “Yo tengo que comer con mi familia en la misma mesa donde cocino, pues no cuento con otro lugar para poder comer con mi familia”
- “Una vez tuve un accidente llevando la comida desde nuestra cocina que es afuera de mi casa, hasta la mesa donde comemos, es que si no la ponemos afuera todo el olor se queda en la casa”
- “La verdad no me gusta mucho cocinar, pero se hace mucho más complicado cuando no tienes ni el espacio para poder hacerlo”

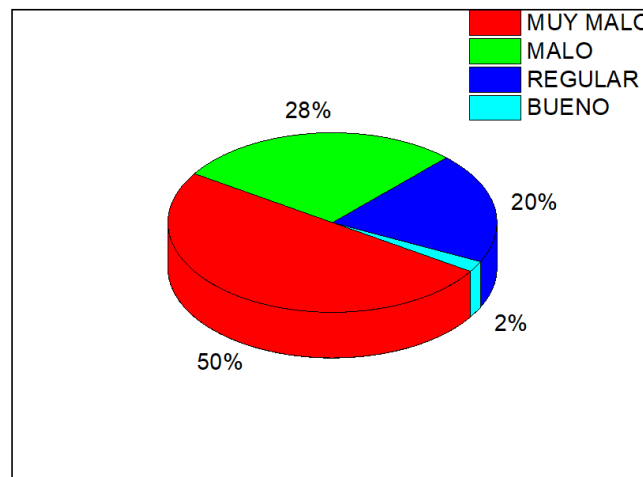
Entonces podemos afirmar que la mayoría de los habitantes presenta problemas con respecto a los espacios de la vivienda que sirven para la ingesta y preparación de alimentos, se han identificado que los problemas están referidos al

dimensionamiento, la ventilación y posiblemente iluminación, ubicación en la vivienda y el diseño funcional de estos.

b) Desplazamiento

La valoración que hicieron los pobladores de Pampa Sitana que fueron encuestados fue la siguiente:

Figura 26.- Valoración del desplazamiento al interior de su vivienda de los habitantes de Pampa Sitana



Fuente: Elaboración propia

Como se evidencia en las encuestas en casi la totalidad (98 %) de viviendas existe una carencia en cuanto a la dinámica de desplazamientos que se dan dentro de la vivienda, esto se aprecia cuando los habitantes expresan que:

- “Mi hijo se cayó y lastimó porque se cruzaba entre la cocina que tenemos y el baño, sería bueno que tuviéramos un pasillo o al menos la cocina bien ubicada”
- “Siempre pasa que nos cruzamos y chocamos con mis hijos mientras que cocino o sirvo los alimentos porque al lado se encuentra nuestro cuarto”
- “A mí me molesta cuando tengo visitas, porque mi familia ya no puede usar el baño”

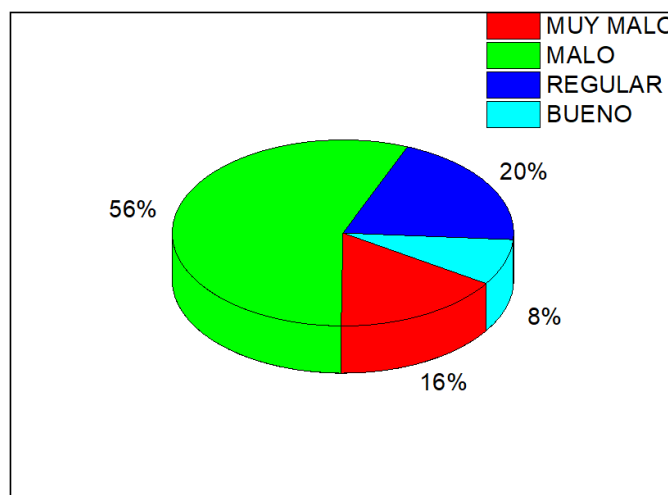
- “Mi casa es solo un cuarto, todo lo hacemos en un solo lugar como comer, dormir, ir al baño...”

Se puede afirmar que existe un problema en cuanto a los espacios de circulación dentro de las viviendas de los pobladores de Pampa Sitana, puesto que los desplazamientos que estos realizan dentro de éstas llegan a ser tortuosos o pueden provocar accidentes, e incluso en algunos casos como su vivienda es solo un espacio, piensan que el tema del desplazamiento está resuelto.

c) Necesidades fisiológicas y Aseo Personal

La valoración que hicieron los pobladores de Pampa Sitana que fueron encuestados fue la siguiente:

Figura 27.- Valoración del área destinada a los servicios higiénicos



Fuente: Elaboración propia

Como se aprecia según los valores de la percepción en cuanto al espacio destinado a las necesidades fisiológicas, se puede observar que solamente el 8 % de los encuestados considera que es bueno, el 20 % considera que es regular y el 72 % lo valora como malo o muy malo. Pasaremos a analizar las causas de esta en base a los comentarios de los encuestados

- “Tenemos problemas al usar el baño en mi familia porque somos muchos, mis hijos se tienen que balar primero para ir al colegio”
- “Muchas veces mis hijos ya no pueden usar el baño cuando tenemos visitas”

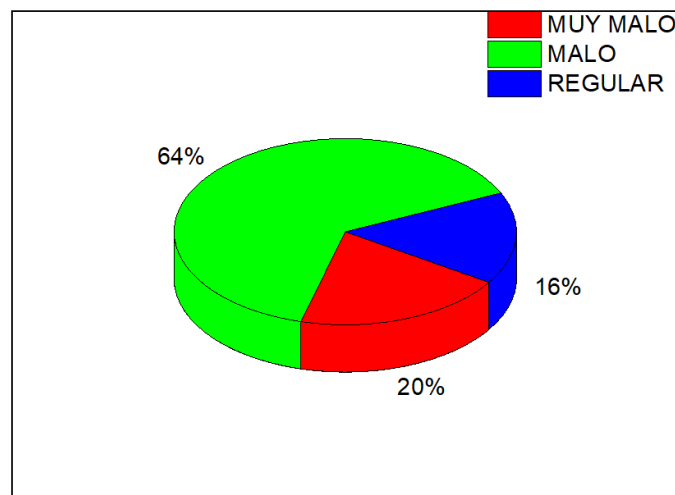
- “Nuestro baño es muy chiquito, y solo tenemos retrete y lavamanos, cuando nos queremos bañar lo hacemos en una zona cerrada que tenemos en el patio”
- “En mi baño solo tengo un inodoro, cuando quiero lavarme las manos uso la pila que está en mi cocina porque el baño es muy chiquito e incómodo”

Podemos afirmar que en lo que respecta a las zonas de necesidades fisiológicas, la mayoría se encuentra centrada en los baños de la vivienda, que en su mayoría no tiene una buena ubicación en la vivienda lo que produce problemas en temas de intimidad, dimensionamiento de estos y también de calidad espacial, ya que no poseen las cualidades necesarias y fuerzan a los usuarios a usar otros espacios para satisfacer sus necesidades, como la cocina o el patio.

d) Descanso

La valoración que hicieron los pobladores de Pampa Sitana que fueron encuestados fue la siguiente:

Figura 28.- Valoración del espacio destinado al descanso



Fuente: Elaboración propia

Los valores de percepción para el espacio destinado al descanso indican que el 64 % de los encuestados opinan que es malo, 20 % muy malo y solamente el 16 % opina que es regular. La valoración que los encuestados dieron en este aspecto fue preocupante en su mayoría, excepto en los casos de las viviendas de personas solas, además los testimonios de los usuarios nos ayudarán a darnos cuenta de la problemática que se presenta.

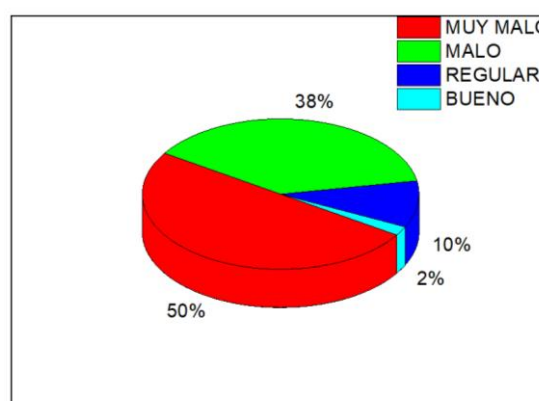
- “Tener que compartir la misma habitación con mi pareja y mis hijos es bastante incómodo, a veces ellos no nos dejan dormir”
- “Me gustaría que mis hijas tengan una habitación para ellas, ya que son señoritas y tiene sus necesidades”
- “Es incómodo tener que compartir una sola habitación con todos mis hijos, ellos son pequeños y siempre juegan, me gustaría tener algo más de privacidad con mi pareja”
- “Mi habitación a veces se abre y queda expuesta porque la estera no nos protege siempre del frío”
- “Nuestro techo de calamina a veces presenta huecos por el desgaste, nos gustaría hacerla de material noble para estar más protegidos”

En conclusión, tenemos como problemática principal una falta de espacios que brinden descanso a los usuarios, así como la materialidad de éstos, puesto que la mayoría aparte de experimentar problemas de comodidad experimenta problemas de seguridad y confort ligados a los materiales de construcción y al grado de consolidación de los espacios.

e) Socialización

La valoración que hicieron los pobladores de Pampa Sitana que fueron encuestados fue la siguiente:

Figura 29.- Valoración del espacio destinado a la socialización



Fuente: Elaboración propia

De la figura anterior se observa que solamente el 2 % de los encuestados opina que el espacio destinado a la socialización es bueno, el 10 % opina que es regular y la mayoría (88 %) opina que es malo y muy malo. Como se evidencia según la valoración de los encuestados, este es uno de los puntos en de los que más adolecen las viviendas de Pampa Sitana, las viviendas no generan espacios de socialización ideales para satisfacer a sus usuarios, trataremos de analizar las causas a través de los testimonios brindados por éstos.

- “Me gustaría tener un espacio donde poder recibir visitas, puesto que como esta es mi vivienda, mis familiares vienen a visitarme”
- “Actualmente mi sala no es nada cómoda, es oscura y pequeña, por eso preferimos reunirnos y recibir visitas en el patio”
- “Mi sala y los dormitorios son una sola habitación, me gustaría que fuesen espacios separados para que haya privacidad”
- “Nosotros tenemos una salita, está techada con calaminas y esteras a un lado, la usamos durante el día porque en la noche hace frío”
- “En mi casa no tenemos un lugar para las visitas, cuando alguien nos visita nos reunimos en la cocina o si es alguien de confianza en nuestro cuarto”
- “Yo atiendo a mis visitas en la calle porque mi vivienda es pequeña y no quiero que vean mis cosas”

Podemos concluir que, en la una mitad de los usuarios, si cuentan con un espacio social que permita la socialización, pero estos no satisfacen a los usuarios ya sea por sus dimensiones o materialidad, pero, la otra mitad de usuarios no cuenta con un espacio social, promoviendo una invasión a la privacidad de la vivienda. Por lo que, es imperativo proponer no solo una sala como un espacio social, si no espacios de recibimiento como un hall o alternativas diferentes.

4.6 Módulo de vivienda propuesto con la incorporación de relave en el concreto

Condicionantes y premisas de diseño

Para comenzar tenemos que entender como condicionantes aplicables al diseño de la propuesta de vivienda, serán todas esas restricciones que vienen de todo el análisis previo y que servirán como delimitantes para las posibles propuestas de vivienda que es puedan plantear.

A través de las visitas que se hicieron al sector de intervención y la data extraída a través del cuestionario aplicado a los pobladores y la investigación, se pudieron identificar las principales condicionantes que se consideraron son:

Condicionantes

Tamaño de los lotes: Esta es la principal condicionante que se encontró en el centro poblado de Pampa Sitana, puesto que ya existe toda una lotización y planificación a futuro. Dicho esto, el tamaño de todos los lotes es de 10 metros de frentera y 20 metros de profundidad.

Temperatura y clima: Después del análisis que se hizo anteriormente, en casi la totalidad del año presenta un clima cálido y muy pocas precipitaciones. Por esto se ha tomado la decisión de plantear espacios intermedios, y dotar a la vivienda de espacios abiertos y vanos de dimensiones considerables para asegurar el flujo de aire que refresque la temperatura interior de la vivienda.

Sistema constructivo: El sistema constructivo que se recomienda está abierto a la decisión del usuario siempre que se use cemento, puesto que con los resultados obtenidos la adición de relave es compatible tanto con sistemas constructivos de albañilería armada, confinada, mixtas, etc.

Normatividad existente: Actualmente, el distrito de Jorge Basadre no cuenta con una normatividad específica respecto al tema constructivo, por lo que, tomaremos algunos principios de diseño y normatividad básica general, para asegurar una imagen urbana y calidad de vida óptimas.

Para el planteamiento de las premisas de diseño, es fundamental considerar las variables de análisis que se utilizaron para formular las encuestas que se aplicaron en los pobladores de Pampa Sitana, puesto que a partir de estas podemos proponer un modelo de vivienda básica que satisfaga las expectativas de los pobladores.

Premisas

Para la preparación de premisas, hemos tomado en cuenta directamente el análisis previo que realizamos en la primera parte de este trabajo de investigación, esta fue la parte más importante para poder comprender los problemas de los pobladores, así como las posibles soluciones que se planteaban en el momento. Gracias a esto, cada una de las variables de análisis nos ha servido para por lo menos sacar una (o más) premisas de diseño.

Tabla 23.- Variables y Premisas de diseño

VARIABLE ANALIZADA	PREMISA DE DISEÑO
<p>PREPARACIÓN E INGESTA DE ALIMENTOS Como se evidenció en las encuestas, la gran preocupación en cuanto a la disposición entre los espacios de cocina y comedor, no sólo con respecto a las dimensiones que estos puedan llegar a tener, si no a que en diferentes momentos del día el espacio de comedor queda sin uso.</p>	<p>-MODELO DE COCINA Y COMEDOR INTEGRADOS Este modelo arquitectónico propone fusionar dos espacios con usos complementarios para volverlo uno, más eficiente e ideal para vivienda con poco espacio. -COCINA OPTIMIZADA El proponer un correcto diseño de cocina optimizada, pensando en las necesidades específicas, hace que se aproveche al máximo el espacio y se satisfagan las necesidades del usuario.</p>
<p>DESPLAZAMIENTO Uno de los problemas mas recurrentes en las viviendas actuales y que preocupan a los usuarios es el de los desplazamientos que se suelen dar dentro de una vivienda, muchas veces estos suelen interrumpir el normal desarrollo de actividades o volver incómoda una circulación, haciendo que algunos espacios o circulaciones sean evitados, generadndo zonas sin actividad dentro de la vivienda</p>	<p>-CIRCULACIONES EFICIENTES Al proponer circulaciones eficientes podemos aprovechar al máximo el espacio útil de los ambientes, así como guardar las relaciones de privacidad entre los diferentes ámbitos de una vivienda.</p>
<p>NECESIDADES FISIOLÓGICAS El análisis de los usuarios demostraron que los espacios destinados para realizar o satisfacer sus necesidades fisiológicas no satisfacen sus necesidades, presentan fallas en distribución así como ubicación dentro de la vivienda, así como fallas en el diseño que no los hace nada atractivos para los usuarios, lo que termina haciendo que estos no sean utilizados.</p>	<p>-DISEÑO DE BAÑO COMPLETO El diseño de un baño con una correcta distribución hara que este se eficiente y las zonas de servicio esten claramente determinadas y que también posea una buena ventilación e iluminación.</p>
<p>DESCANSO Un factor importante a considerar es la problemática presente en las habitaciones, puesto que estas muchas veces no cuentan con un diseño adecuado que obliga a los usuarios a tener que amoblar en exceso las habitaciones para poder encontrar comodidad. Así como muchas veces no se tiene en cuenta el tipo de usuario que habitará el espacio.</p>	<p>-DIMENSIONAMIENTO SEGÚN EL TIPO DE USUARIO Se tendrá en consideración los usuarios de la vivienda para el planteamiento del nuemro de habitaciones y sus dimensiones, utilizando la jerarquía de habitacion principal, habitacion doble o individual. -DISEÑO FUNCIONAL Se tendrá en cuenta el diseño de habitaciones tratando de evitar el uso de muebles excesivo, usando la arquitectura como medio de apoyo.</p>
<p>SOCIALIZACIÓN Uno de los grandes deseos de los habitantes de Pampa Sitana que esperan de su vivienda, es la capacidad de volverse un lugar de encuentro, en el que puedan recibir visitas, hacer reuniones o pasar tiempo en familia. Esto se ve imposibilitado en sus viviendas actuales por la mala distribución de espacios o la mala calidad ambiental y espacial de sus configuraciones sociales.</p>	<p>-ESPACIOS ESPECIALIZADOS CON CARÁCTER SOCIAL La premisa de contar con espacios con un diseño de desempeño exclusivamente social, es una de las características mas importantes de la vivienda ya que hace destacar en esta su función como punto de reunión de la familia. -ESPACIOS FLEXIBLES Considerar espacios flexibles cumple con la necesidad de las infinidad de varibales de uso que se pueden dar en los espacios con carácter social, haciendo que sea la zona mas atractiva de la vivienda.</p>

4.7 Programa arquitectónico

Para poder satisfacer de forma adecuada a las necesidades de vivienda de los habitantes de Pampa Sitana, hemos incluido los propios deseos y aspiraciones que los

pobladores brindaron como parte de sus respuestas en la encuesta de campo que se les aplicó, usaremos un cuadro de necesidades para poder proponer los espacios idóneos.

Cuadro de necesidades

El cuadro de necesidades está basado en los propios testimonios brindados por los pobladores de Pampa Sitana, a partir de éstos podemos identificar las actividades a realizar, y con éstas un espacio en específico.

Tabla 24.- Espacios requeridos de acuerdo a las necesidades de los pobladores de Pampa Sitana

NECESIDAD	ACTIVIDADES	ESPACIO	ZONA
-Recibir visitas de nuestros familiares o amigos. -Hacer reuniones con nuestros amigos o compañeros del trabajo. -Poder celebrar fiestas familiares. -Poder tener almuerzos familiares. -Contar con un espacio grande dentro de la casa donde podamos estar todos juntos.	Hacer reuniones Hacer fiestas Mirar televisión Jugar Hacer trabajos Leer Descansar Conversar	Sala	Social
-Comer nuestros alimentos con tranquilidad. -Poder cocinar sin interrumpir a mis hijos o a mi esposo. -Tener un lugar especial donde guardar mis cosas y lo que como. -Poder comer con tranquilidad lo que preparo, sin tener que hacerlo en los cuartos. Tener un lugar en donde pueda hervir, freír y hacer todo sin que el olor se vaya a toda la casa.	Se cocinan los alimentos Preparación de alimentos Almacenamiento de alimentos Almacén y clasificación de utensilios de cocina Ingesta de alimentos Conversar Reunirse Trabajar	Cocina-comedor	Semi privada
-Contar con un baño donde no se queden los malos olores y tenga luz. -Poder ducharse con tranquilidad sin pasar por otros cuartos de la casa. -Necesitamos un lugar donde poder arreglarnos antes de irnos a trabajar. -Poder hacer nuestras necesidades de manera ordenada y sin pelearnos en la casa.	Eliminación de desechos corporales Lavado de manos Acicalamiento Lavado de dientes Peinarse Afeitarse Cortarse el cabello Relajarse Ducharse	Baño privado	Servicio
-Nosotros dormimos juntos como pareja, y ahora no contamos con espacio para las cosas de los dos ni para tener intimidad. -Siempre es bueno tener habitaciones diferentes, mis hijas se sienten incómodas con nosotros.	Descanso Recreación Trabajo Estudio Relajación Entretenimiento	Habitación principal	Privada

4.8 Fase de diagramación

Diagrama de relaciones

Como parte del planteamiento de la tipología de vivienda, el siguiente paso a seguir fue la elaboración de un esquema de relaciones entre los espacios que hemos obtenido gracias al cuadro de necesidades que se elaboró anteriormente, para que esto a su vez nos lleve a una primera idea de la zonificación que tendrá nuestro módulo de vivienda.

Figura 30.- Relaciones entre los espacios requeridos



Diagrama de Ámbitos – Zonas

En el siguiente diagrama de ámbitos, hemos clasificado los espacios que surgieron de nuestro cuadro de necesidades, reconocemos tres zonas dentro de la vivienda, la zona social, privada y la de servicios; que nos servirá para evitar incompatibilidades de usos.

Figura 33.- Circulación

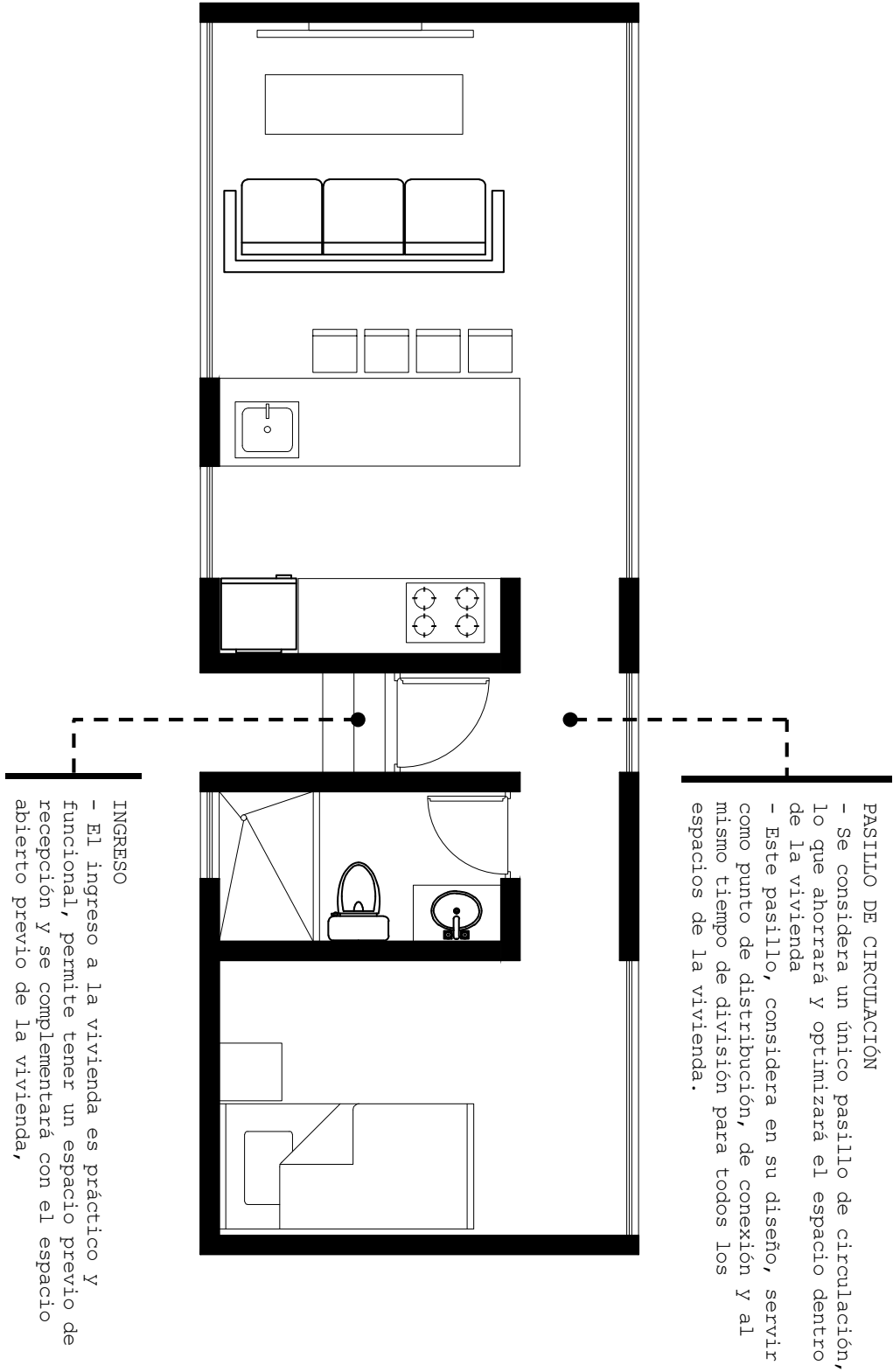
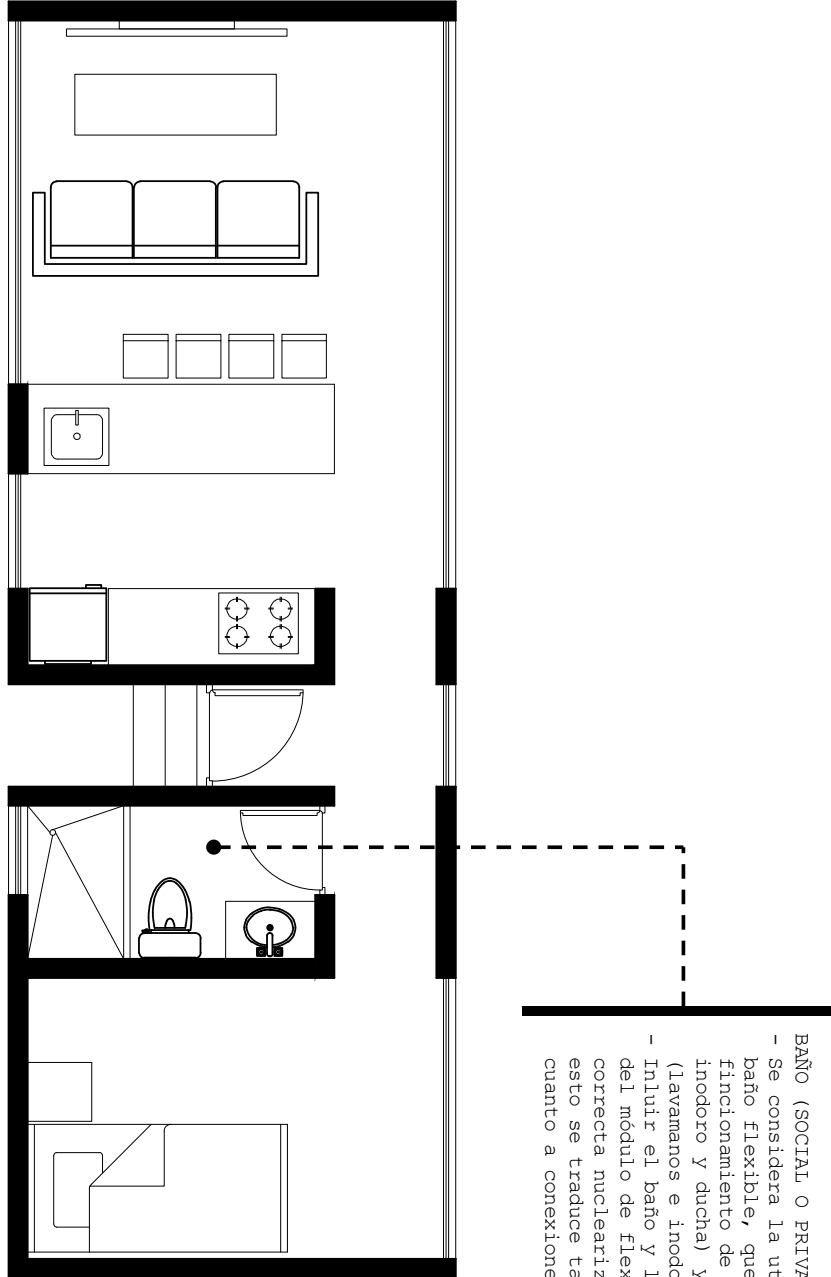


Figura 34.- Servicios



BAÑO (SOCIAL O PRIVADO)

- Se considera la utilización de un módulo de baño flexible, que permita el normal funcionamiento de un baño privado (lavamanos, inodoro y ducha) y un baño de visitas (lavamanos e inodoro).
- Incluir el baño y las zonas de servicio dentro del módulo de flexibilidad, asegura una correcta nuclearización de zonas húmedas y esto se traduce también como un ahorro en cuanto a conexiones de agua y desagüe.

Figura 35.- Zona Privada – Habitación

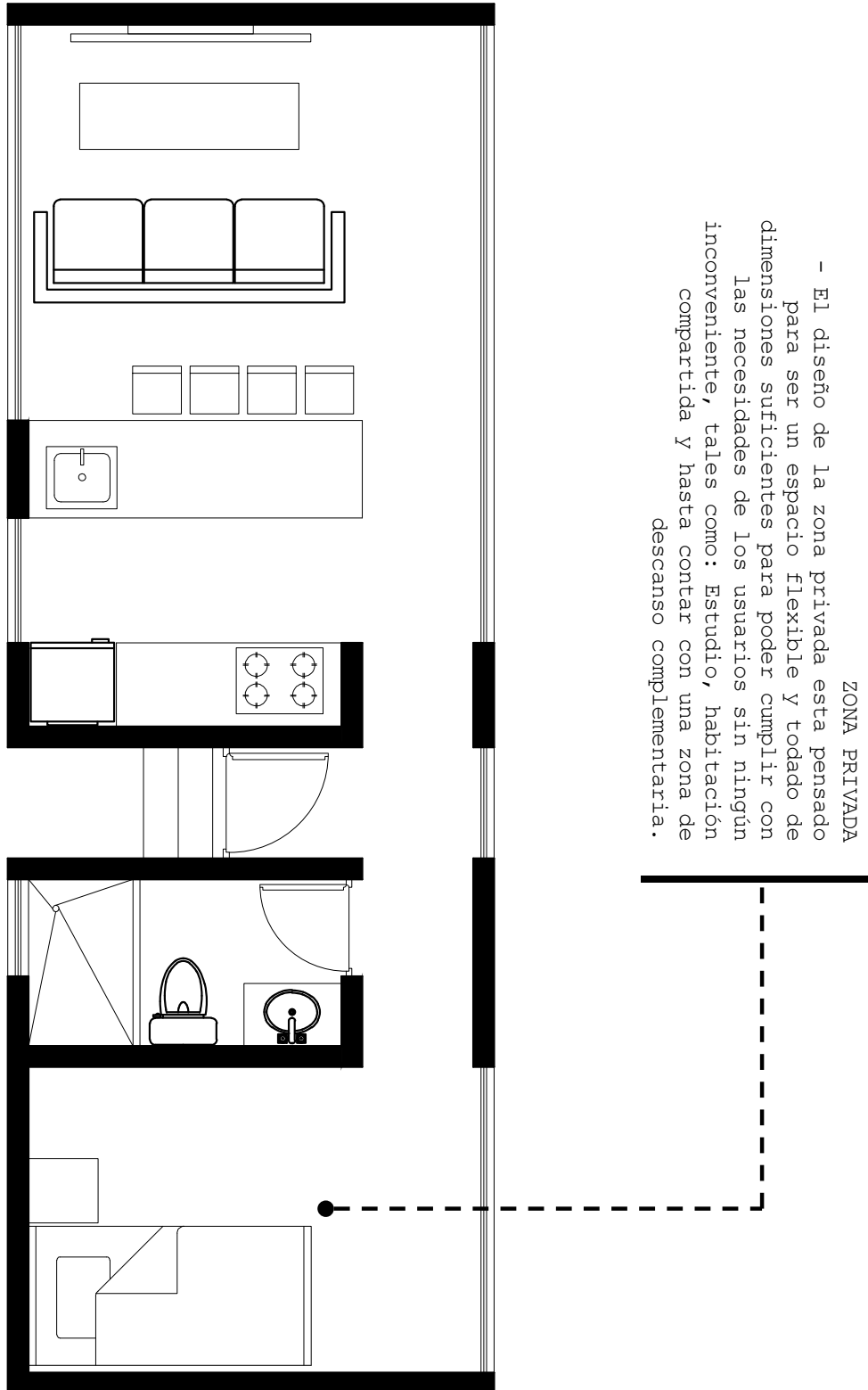
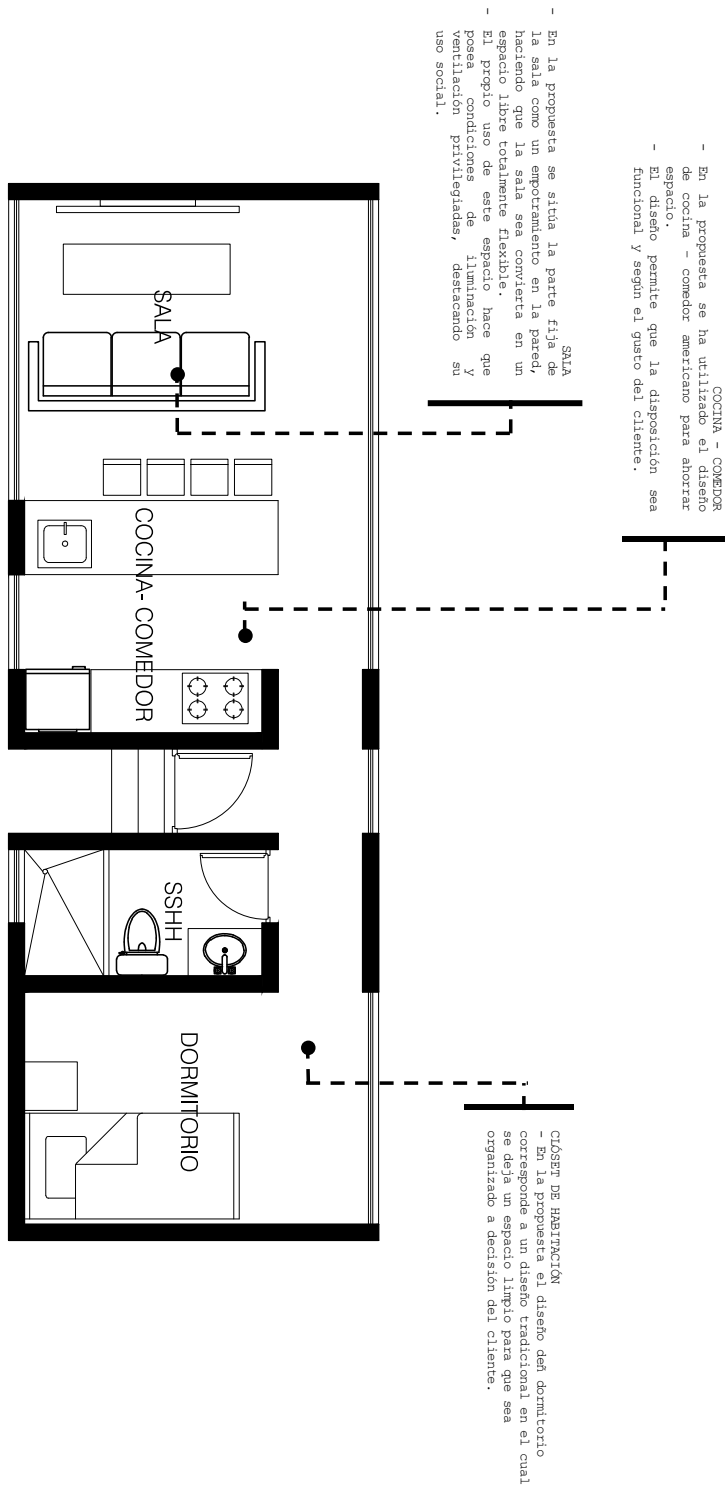


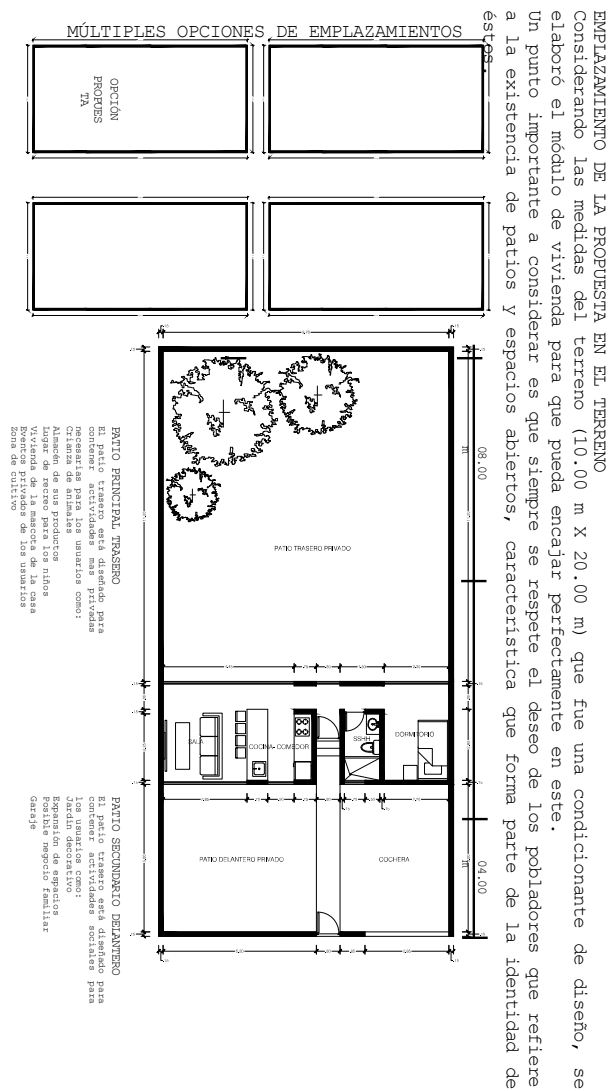
Figura 36.- Zona Social – Sala, cocina y comedor



Emplazamiento de la Propuesta

Considerando las medidas del terreno (10,00 m x 20,0 m) que fue una condicionante de diseño, se elaboró el módulo de vivienda básica para que pueda ser perfectamente ubicado en estas dimensiones. Un aspecto fundamental a tener en cuenta es que siempre se respete la premisa de diseño de los espacios abiertos, que refiere a la existencia de patios tanto delanteros y traseros.

Figura 37.- Emplazamiento de módulo de vivienda propuesto



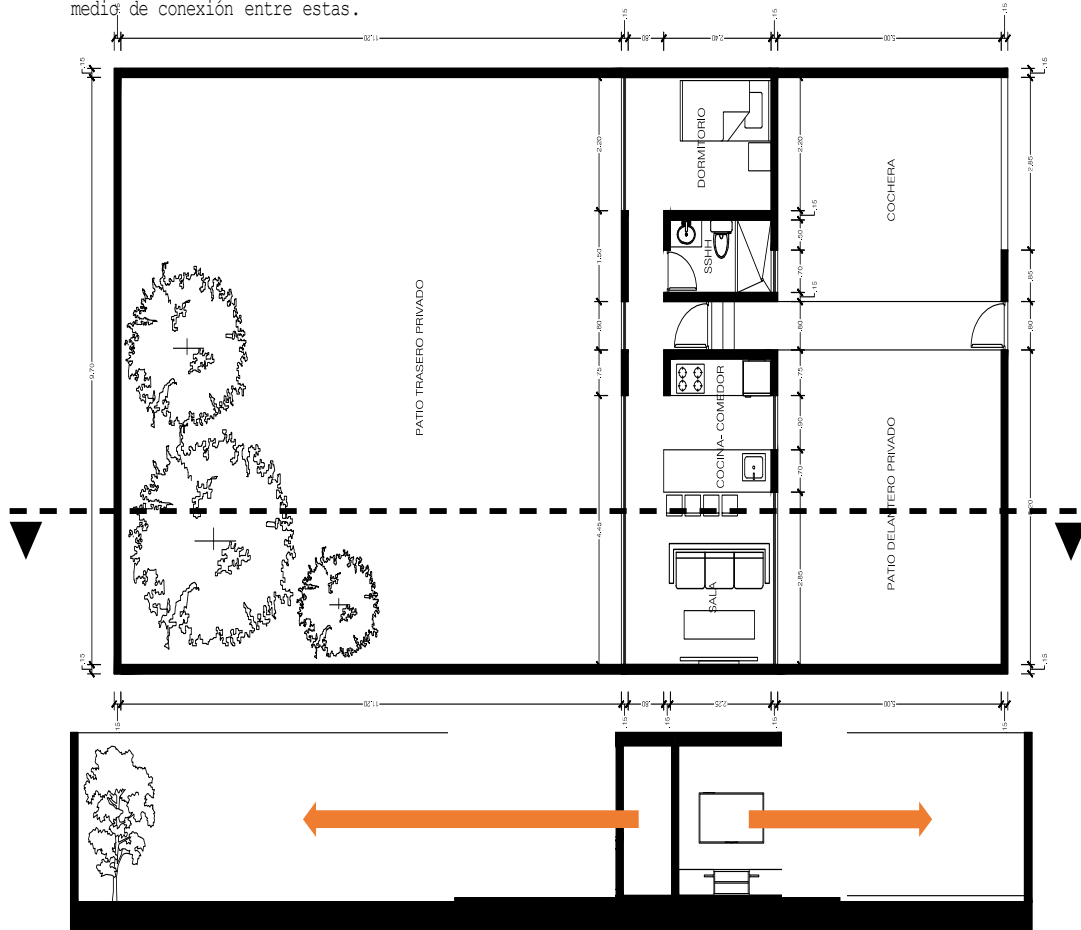
Espacios abiertos de la propuesta

Dentro de la propuesta se considera un pequeño zócalo de expansión que permite la creación de espacios intermedios, para que no solo las actividades que se realicen dentro de la vivienda sean “interiores o exteriores” si no que estas tengan la capacidad de salir o ingresar a la vivienda. Además, estos están justo entre la vivienda y las áreas libres propuestas, por lo que sirven como medio de conexión entre estas.

Figura 38.- Espacios abiertos dentro de la propuesta

ZONAS DE ESPACIOS LIBRES - COMPOSICIÓN

Dentro de la propuesta se considera un pequeño zócalo de expansión que permite la creación de espacios intermedios, para que no solo las actividades que se realicen dentro de la vivienda sean "interiores o exteriores" si no que estas tengan la capacidad de salir o ingresar a la vivienda. Además estos están justo entre la vivienda y las áreas libres propuestas, por lo que sirven como medio de conexión entre estas.



EXPANSIÓN

- ESPACIO: PATIO TRASERO**
- Zona de parrillas
 - Desayunador interior
 - Zona de Compostaje
 - Huerta vertical
 - Ampliación de Cocina
 - Invernadero

ZONA PROYECTADA

- ESPACIO: SALA - COCINA**
- Cocinar
 - Comer
 - Ver televisión
 - Reunirse
 - Conversar
 - Trabajar

EXPANSIÓN

- ESPACIO: PATIO DELAN.**
- Terraza exterior
 - Pequeña sala al aire libre
 - Comedor exterior
 - Zona de relaxo
 - Zona de juegos

Planta

Figura 39.- Planta arquitectónica escala 1/100

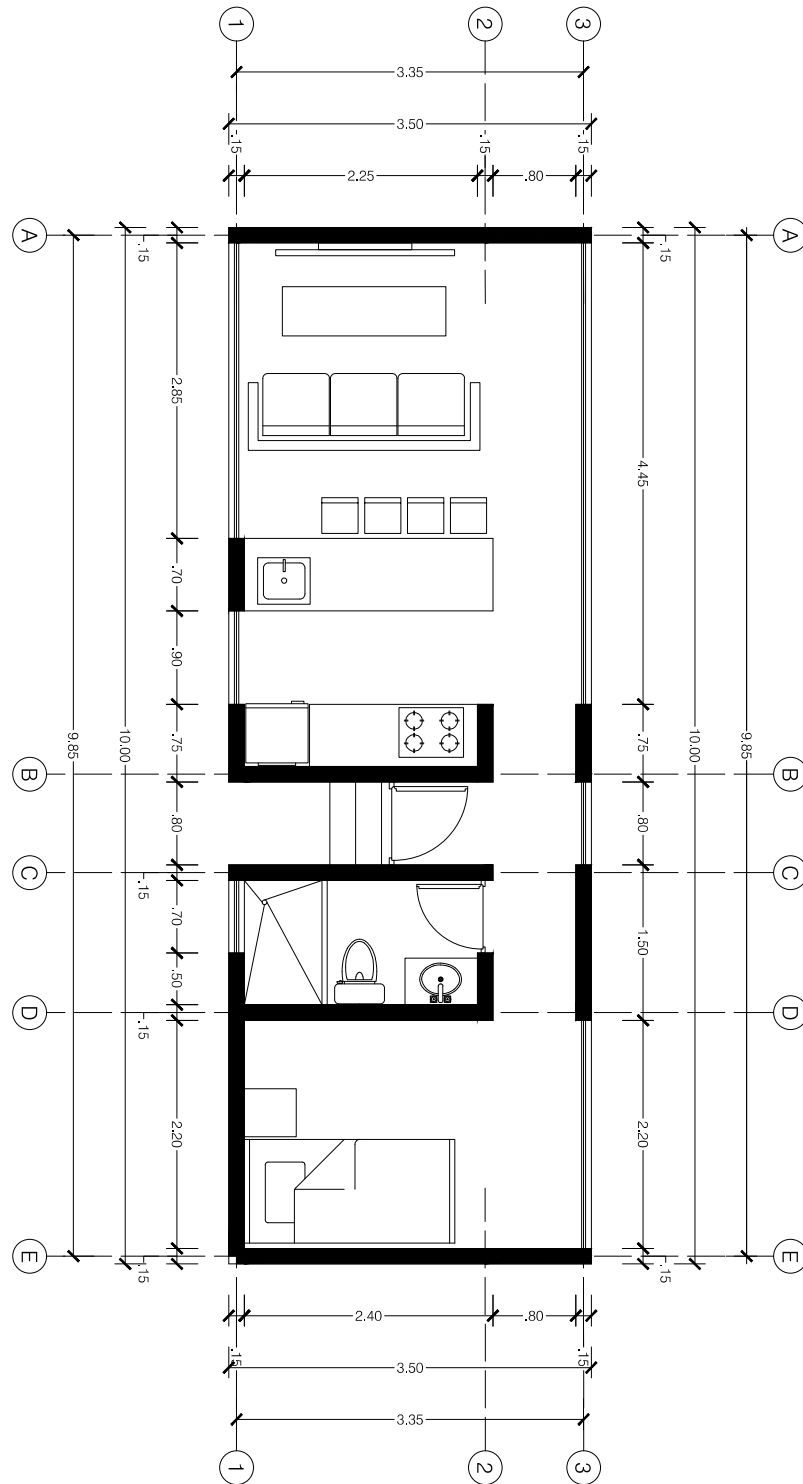
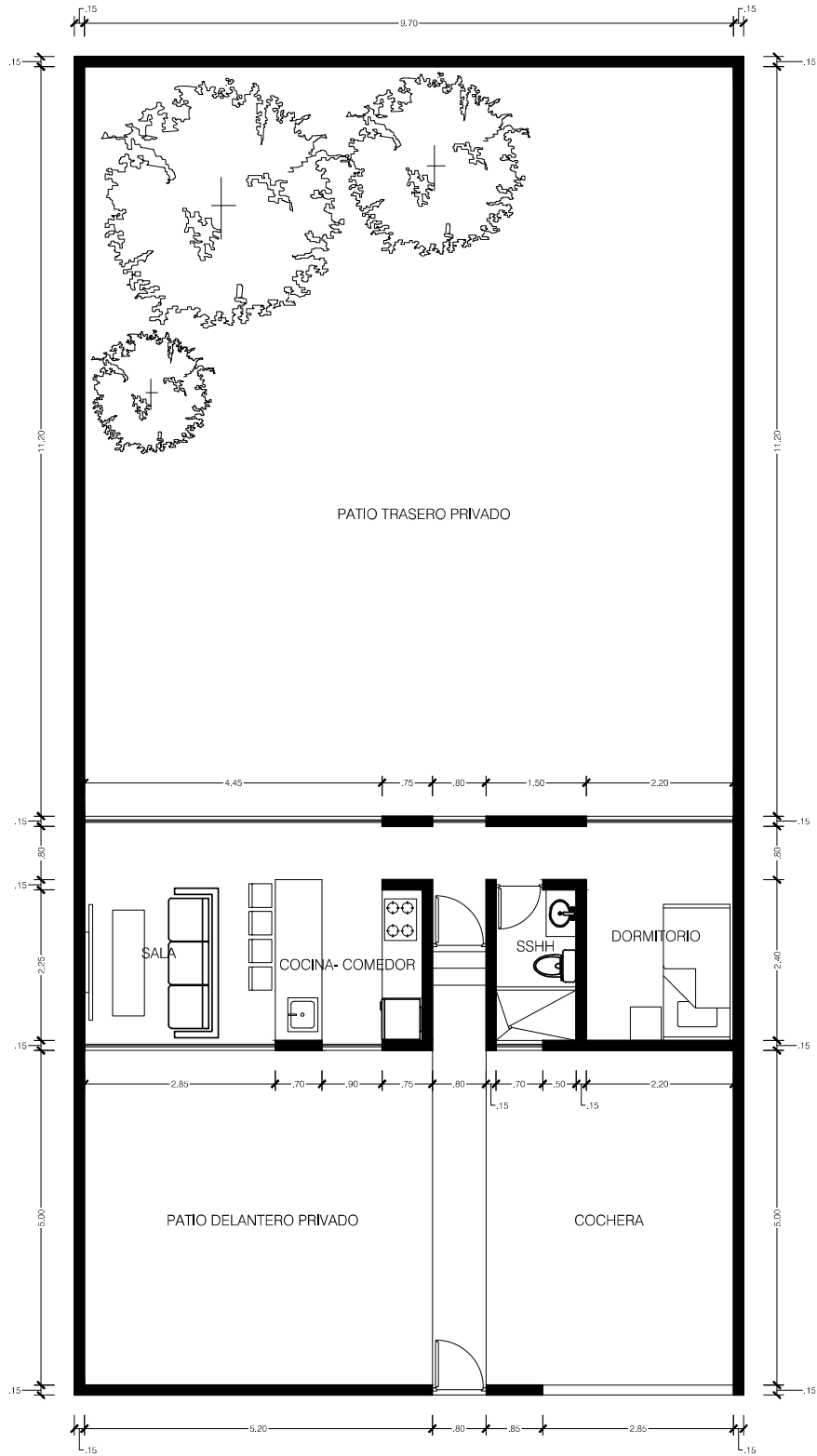


Figura 40.- Planta arquitectónica con contexto inmediato 1/100



CONCLUSIONES

1. Respecto a la caracterización del relave de Quebrada Honda y su posible aplicación en el desarrollo de elementos constructivos, se puede concluir lo siguiente:
 - La composición química semicuantitativa mediante EDAX indica al Silicio (Si), Aluminio (Al), Molibdeno (Mo) y Hierro (Fe), como los elementos primarios de composición en este relave minero. También se observa algunas trazas de Calcio (Ca), Potasio (K), y Cobre (Cu).
 - El espectro de difracción de rayos X (DRX) para este relave de mina de la concentradora de Toquepala muestra tres especies mineralógicas, de las cuales la principal fase mineral cristalina es el Cuarzo (SiO_2). Las otras fases son la Muscovita ($\text{KSi}_3\text{Al}_3\text{O}_{12}$) y Clorita [$\text{Mg}_{9.17}\text{Fe}_{1.02}\text{Al}_{3.46}\text{Si}_{6.35}\text{O}_{36}$].
 - De los resultados de la determinación de óxidos por FRX se concluye que el porcentaje de sílice (SiO_2) que posee el relave de Toquepala es aceptable, sin embargo, el porcentaje de alúmina (Al_2O_3) es mayor que el de la puzolana natural, lo que implicaría un comportamiento arcilloso y de menor fluidez.
 - Respecto a la resistencia del concreto con relave, se concluye que hasta un 10 % de relave la resistencia del concreto se mantiene constante. Por encima del 10 % la resistencia empieza a disminuir, pero aún posee la suficiente resistencia para ser utilizado en diferentes elementos constructivos no estructurales.
 - El índice de puzolanicidad del relave de Toquepala es del 66 % y no cumple con la exigencia mínima que es del 75 % de acuerdo a la NTP 334.066. Esto se debe a que la sílice del relave es mayoritariamente cristalina, la cual no es reactiva para fomentar la actividad puzolánica.

2. En lo que se refiere a la información recogida de las 50 viviendas donde se aplicó el cuestionario se concluye lo siguiente:
 - Los habitantes de Pampa Sitana constituyen una población joven, en su mayoría podemos reconocer gracias a los datos obtenidos por las encuestas, que son parejas que no superan los 40 años, en su mayoría con hijos, así como personas solteras (hombres o mujeres) que están iniciando recién su proceso de consolidación con respecto a temas de vivienda.
 - Para los pobladores la materialidad de la vivienda es el aspecto más importante y el que asocian inmediatamente al concepto de “Calidad de vida”, que no está nada lejos de la realidad, puesto que la mayoría de las viviendas que están hechas de material noble, aportan seguridad y confort térmico.
 - Otro aspecto importante es que la totalidad de pobladores considera que su vivienda no satisface sus necesidades básicas, la falta de un diseño, jerarquía, zonificación o dimensiones que estas poseen hacen que en muchos de los casos las actividades estén mezcladas entre sí y se generan incompatibilidades entre usos y hasta accidentes.
 - Por último, el factor de procedencia es muy importante, ya que se evidencia que casi la totalidad de los pobladores no poseía una vivienda propia, por lo que este fue el principal atractivo para asentarse en Pampa Sitana, ya que la municipalidad distrital de Locumba en el año 2020 ya entregó 63 títulos de propiedad y la mayoría de los servicios básicos ya se encuentran instalados.
3. Respecto a la propuesta de vivienda utilizando el relave de Quebrada Honda como elementos constructivos, se concluye que:
 - Nuestro proyecto se sitúa como la primera propuesta arquitectónica, que busca mitigar el problema ambiental y de vivienda que atraviesa nuestro país, aprovechando los relaves mineros contaminantes, para mejorar el bienestar

personal y social de los principales afectados, los asentamientos humanos que se sitúan alrededor de estos proyectos mineros.

- La vivienda propuesta, aparte de aprovechar en su construcción 16,74 m³ de un recurso que es considerado como contaminante, permitirá dar solución al problema de consolidación de vivienda en la zona de Pampa Sitana y poblaciones similares, mediante un módulo flexible y económico que puede reducir su costo hasta en un 20 %.
- A través de esta propuesta es posible mejorar el bienestar personal y social de los pobladores gracias a un proyecto arquitectónico que asegura la satisfacción de sus necesidades como usuarios ya que se ha diseñado según sus dinámicas de vida, trabajo, deseos y aspiraciones.
- La propuesta de vivienda ha sido diseñada para poder ser un módulo de vivienda básica, que es la ideal para este tipo de poblaciones que se encuentra en un proceso de consolidación, puesto que permite satisfacer las necesidades primordiales de habitabilidad a través de un diseño arquitectónico eficiente.

RECOMENDACIONES

1. Se recomienda que esta propuesta se lleve a cabo como un proyecto conjunto, entre la población de Pampa Sitana y la minera Southern Copper, puesto que estos son los mayores involucrados en este problema ambiental que en la actualidad no cuenta con ninguna medida de gestión ni mitigación de parte de la autoridad competente.
2. El presente trabajo de tesis espero sirva como punto de partida para ver la arquitectura no solo como una disciplina enfocada en el diseño, si no también podemos actuar de una manera experimental para atacar problemas actuales de nuestra sociedad.
3. Para que el relave pueda tener actividad puzolánica se recomienda activarlo térmicamente, es decir calcinarlo entre 400 °C y 700 °C para que se forme sílice amorfa, la cual es mucho más reactiva.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- A. Scholer. (2015). "Hydriation of quaternary Portland cements blends containing blast-furnace slag, siliceous fly ash and limestone powder". *Cem. Concr. Compos.*, 59-72.
- Aduvire, O. (2006). *Drenaje Acido de Mina: Generación y Tratamiento*. Madrid: Instituto Geológico y Minero de España.
- Amasifuén, M. G. (13 de Marzo de 2012). Proyecto de Ley. *ley que declara de interés nacional y necesidad pública la transformación de relaves en materiales de construcción*. Lima, Perú: Congreso de la República.
- Ambu, E., Ghirette, R., & Loziosi, R. (2013). *Radiologia 3D en Odontología, Diagnostico, Planificación preoperatoria y seguimiento Cap. 6* (1ra ed.). Milano, Italia: EDRA LSWR.
- Anatómicos, P. y. (2018). Fae Editorial: <https://www.faeeditorial.es/capitulos/estudio-de-la-cavidad-oral.pdf>
- Anicama, G. (2010). *Estudio Experimental del empleo de materiales de desecho de procesos mineros en aplicaciones prácticas con productos cementicios*. Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú.
- Aprianti, E. (2015). "Supplementary cementitious materials origin from agricultural wastes". *Constr. Build. Mater.*, 176-187.
- Armstrong, T. (2013). "An overview of global cement sector trends". *XXX Tech Congr.*, 2-26.
- Association, T. E. (2014). *Activity Report*. Bruselas: CEMBUREAU.
- Avery, J. K. (2007). *Principios de histología y embriología bucal con orientación clínica* (3ra ed.). Madrid, España: Elsevier España S.A.
- Barcelo, L. (2014). *"Cement and Carbon Emissions"*. Quebec: Springer.
- Beclhoff, B. (2006). *Handbook of Practical X-Ray Fluorescence Analysis*. New York: Springer.
- Bedoya Rodríguez, A., Collado Quevedo, L., Gordillo Meléndez, L., Yusti Salazar, A., Tamayo Cardona, J., Pérez Jaramillo, A., & Jaramillo García, M. (2014). Anomalías dentales en pacientes de ortodoncia de la ciudad de Cali. *Revista CES Odontología*, 27(1). Obtenido de <http://revistas.ces.edu.co/index.php/odontologia/article/view/2933>
- Cabrejos. (2011). *Estudio de Pre-Factibilidad para la Recuperación de Agua a Partir de Relaves de Gran Minería de Cobre Mediante la Tecnología de Relaves*

Espesados. Lima: Universidad Nacional de Ingeniería, Facultad de Ingeniería Geológica, Minera y Metalúrgica.

- Calzado, P. (9-12 de Junio de 1997). Caracterización y categorización de los problemas ambientales de la Minería en el Perú. *Primer Simposio Nacional de Medio Ambiente y Seguridad Minera*. Lima, Lima, Lima: Colegio de Ingenieros del Perú.
- Cárdenas, F. (2019). *Propuesta de uso de relaves de mina para la fabricación de unidades de albañilería-caso ex unidad minera Mercedes 3*. Lima: Universidad de Ciencias Aplicadas.
- Castro, M. (2018). *Nuevas tecnologías para el uso y disposición de relaves mineros aplicado a Codelco, división el teniente*. Concepción: Universidad de Concepción.
- Chavez Oblitas, E. (2012). *Anatomía, histología y embriología dental* (1ra ed.). Arequipa, Perú: Universidad Católica de Santa María.
- Cornejo Lecaros, A. M. (2004). *Prevalencia y Distribución de agenesia dental en pacientes de 6 a 18 años de edad en la Clínica Odontológica ODAM Arequipa, 2000-2005*. Tesis de Grado, ODAM, Arequipa, Perú.
- Deja, J. (2010). "CO2 emissions from Polish cement industry". *Int. J. Greenh*, 583-588.
- Delgado, & Carol. (2019). *Influencia del riego con agua clara de Relave sobre el orégano (Origanum vulgare L.) y la calidad fisicoquímica del suelo en el centro poblado Pampa Sitana – Tacna*. Arequipa: Universidad Nacional San Agustín de Arequipa.
- E. Lynne. (2005). *"Alternative Constructions: Contemporary Natural building Methods"*. USA: Wiley.
- Goaz, P., & Stuart, C. (1995). *Radiología oral* (3ra ed.). Madrid: Mosby.
- Gómez de Ferraris, M. E. (2003). *Histología y embriología bucodental* (2da ed.). Madrid, España: Médica Panamericana S.A.
- Gómez Ferraris, M. E. (2009). *Histología bucodentaria, embriología dentaria* (2da ed.). Buenos Aires, Argentina: Médica Panamericana.
- Gutierrez, C. (2018). *Estudio para el empleo de relaves del proceso minero de minas san rafael como rellenos cementantes y fluidos utilizando adiciones minerales*. Arequipa: Universidad Nacional San Agustín.
- Hasanbeigi, A. (2010). "The CO2 abatement cost curve for the Thailand cement industry". *J. Clean. Prod.*, 1509-1518.

- IM2. (2007). *Proyecto Informe de Avance N°1: Caracterización Reológica y Pruebas de Laboratorio a Relaves de División El Teniente y División Andina*. Santiago: Instituto de Innovación en Minería y Metalurgia S.A., Filial Codelco-Chile.
- J. Roselló. (2017). "Rice straw ash A potential pozzolanic supplementary material for cementing systems", 39-50.
- K. Celik. (2015). "Mechanical properties, durability, and life-cycle assessment of self-consolidating concrete mixtures made with blends of Portland cements containing fly ash and limestone powder". *Ce. Concr. Compos.*, 59-72.
- Loaiza, J., & Cárdenas, M. (s.f.). Prevalencia e interpretación radiográfica de la agenesia dentaria en el área de influencia del Servicio de Ortopedia Dentofacial de la Facultad de Odontología de la Universidad de Carabobo. *Revista de la Facultad de Odontología Universidad de Carabobo*, 2(2). Obtenido de http://servicio.bc.uc.edu.ve/odontologia/revista/Vol2_n2/2-2-2.pdf
- M. Radlinsky. (2015). "Investigation into the synergistic effects in ternary cementitious systems containing Portland cement, fly ash and silica fume". *Cem. Concr. Compos.*, 374-382.
- M. Schneider. (2011). "Sustainable cement production present and future". *Cem. Concr. Res.* , 642-650.
- Mario, F. (2003). *Anatomía odontológica funcional y aplicada* (Quinta Reimpresión ed.). Buenos Aires: El Ateneo.
- Mertens, G. (2009). Pozzolanic reaction of common natural zeolites with lime and parameters affecting their reactivity. *Cement and Concrete Research*, 233-240.
- Minería, M. d. (2007). *Reglamento para la Aprobación de Proyectos de Diseño, Construcción, Operación y Cierre de los Depósitos de Relaves*. Santiago: Gobierno de Chile.
- Montesinos Estaño, F. D. (2015). *Prevalencia y distribución de dientes supernumerarios en pacientes de 6 a 18 años que acudieron a una Clínica Odontológica Particular*. Arequipa, 2005. Tesis de Grado, Universidad Católica de Santa María, Arequipa, Perú.
- Murillo, M. P. (Abril/Junio de 2013). Dientes supernumerarios. Reporte de un caso clínico. *Revista Odontológica Mexicana*, 17(2). Obtenido de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1870-199X2013000200004
- Mustapha, B. Z. (2013). Properties of Compressed Stabilized Earth Blocks (CSEB) For Low - Cost Housing Construction: A Preliminary Investigation. *International Journal of Sustainable Construction Engineering & Technology*, 4(2), 29-46.

- Namuche, F. (2017). *Resistencia de la sustitución del 5 %, 10 % y 15 % de cemento, por la combinación de relave minero en la elaboración de morteros de edificaciones de albañilería en Huaraz, 2017*. Chimbote: Universidad San Pedro.
- Novoa Avalos, E. (2013). *Prevalencia de agenesia dental en niños de 09 a 12 años en el centro de especialidades odontológicas PROMISE*. Tesis de Grado, Universidad Católica de Santa María, Arequipa, Perú. Obtenido de <http://tesis.ucsm.edu.pe/repositorio/handle/UCSM/4471>
- P. Luxan. (1985). "Estudio de la aptitud de un material como adición activa al cemento". *Materiales de Construcción*, 11-22.
- Praroah, W. (2002). *Radiología oral, principios e interpretación* (4ta ed.). Madrid, España: Hacourt S.A.
- Primosch, R. (2013). *Anterior supernumerary teeth assessment and surgical intervention in children* (5ta ed.). (D. Pediatric, Ed.) St. Louis Missouri: Elsevier Inc.
- Provenza, V. (1974). *Histología y Embriología Odontológicas*. México: Interamericana.
- R. Dachowski. (2016). "The use of Waste Materials in the Construction Industry". *Procedia Eng.*, 757-758.
- R. Siddique. (2011). *"Supplementary cementing materials"*. Germany: beck-shpo.de.
- Radi Londoño, J., & Alvarez Gómez, G. (Octubre de 2002). Dientes supernumerarios: reporte de 170 casos y revisión de la literatura. *Revista de la Facultad de Odontología de Antioquía*, 13(2). Obtenido de <http://aprendeenlinea.udea.edu.co/revistas/index.php/odont/article/viewFile/2490/2034>
- Ramirez, N. (2007). *Guía Técnica de Operación y Control de Depósitos de Relaves*. Santiago: Servicio Nacional de Geología y Minería, Departamento de Seguridad Minera.
- Romero, A. (2010). Reuso de relaves mineros como insumo para la. *Industrial Data UNMSM*, 75-82.
- Romero, A. (2015). *Tratamiento de relaves mineros contaminados con plantación de gramíneas (kikuyo) para convertirlos en áreas verdes en la región central del Perú*. Huancayo: Publicaciones Universidad de Huancayo.
- Salguero, k. (2019). *Inertización de relaves mineros utilizando la vitrificación para su aprovechamiento en la construcción*. Quito: Universidad Internacional SEK.
- Sánchez, Y. (2019). *Estudio del relave minero de la planta de beneficio de Santa Lucía del sector Maravilla de la parroquia pucará, con fines de utilización en*

morteros de pega de uidades de mampostería. Loja: Universidad Nacional de Loja.

- Sebastián, C., Izquierdo Hernández, C., Gutiérrez, A., & Vizán, A. (Mayo de 2016). Dientes supernumerarios: claves esenciales para un adecuado informe radiológico. *Sociedad Argentina de Radiología*, 80(4). Obtenido de <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048761916301806#bib0230>
- Tejada Fernández, M. (2017). *“Proyecto de inversión para la producción y comercialización de adoquines ecoamigables hechos a partir de residuos mineros en la provincia de Arequipa-2017*. Arequipa: Universidad Católica San Pablo.
- Titiloye, J. (2013). "Thermochemical characterization of agricultural wastes from West Africa". *Ind. Crops Prod.*, 199-203.
- Vasquez huerta, E. (s.f.).
- Vasquez Huerta, E. (2005). *Salud bucal y nutrición* (1ra ed.). Arequipa, Perú: Universidad Católica de Santa María.
- World Bussines Council for Sustainable Development. (2009). *Cement Technology Roadmap 2009*. Switzerland: WBCSD.

ANEXOS

Anexo 1: Cuestionario aplicado

Proyecto de Tesis para optar el título de Arquitecto
"REUTILIZACIÓN DE LOS RELAVES DE QUEBRADA HONDA PARA LA ELABORACIÓN DE
ELEMENTOS CONSTRUCTIVOS Y MEJORAMIENTO DE LA CALIDAD DE VIDA DE LOS
POBLADORES DE PAMPA SITANA"

Proyecto de tesis presentado por el bachiller:
Hugo Enrique Canahua Sosa

INSTRUMENTO PARA LA RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN- ENCUESTA

Buenos días/tardes Sr./a:

La siguiente encuesta forma parte de mi investigación para optar el título de Arquitecto en la Universidad Católica de Santa María. La investigación tiene como objetivo mejorar el nivel de calidad de vida de ustedes, los habitantes del distrito de Jorge Basadre de la ciudad de Tacna, concretamente el sector de PAMPA SITANA.

En la presente encuesta se le presentarán unas breves preguntas, que serán utilizadas con fines estrictamente académicos en este trabajo de investigación, por lo que le solicito responder con mucha sinceridad y objetividad.

¿Es usted la persona que conoce en profundidad y permanece el mayor tiempo en la vivienda?

SI: _____

NO: _____

(En caso de contestar SI, prosiga con la presente encuesta, en caso de contestar NO por favor hágasela llegar a la persona adecuada).

I.- INFORMACIÓN DEMOGRÁFICA DE LA VIVIENDA

- ¿En esta vivienda habita un solo hogar (haciendo referencia a grupos familiares con independencia de gastos)?

.....

-¿Cuántas personas son adultos?

.....

-¿Cuántas personas son niños?

.....

-Indique las edades de los niños en años:

Niño 1; Niño 2.....; Niño 3

- Cual es el sexo de los niños?

.....

-¿Quién es el principal aportador de dinero en el hogar?

.....

-¿El hogar está recibiendo algún tipo de subsidio del gobierno? (Bonos, fondo de vivienda, etc?)

.....

II.- SOBRE LA ANTERIOR VIVIENDA

-¿Cuál era la condición anterior de la vivienda? (Propia, alquilada, familiar, otra).

.....

-¿En qué año llegaron a su vivienda?

.....

-¿Cuál era el principal inconveniente con esa vivienda? Complete:

No era de nuestra propiedad ()

Falta de transporte público ()

Delincuencia/inseguridad ()

El tamaño/hacinamiento ()

Falta de habitaciones o espacios ()

Alejada del centro de trabajo ()

Falta de conexión a servicios públicos ()

Materiales con los que fue construida ()

Otros:

.....

III.- SOBRE LA VIVIENDA ACTUAL

-¿En qué año llegaron a esta vivienda?

.....

-¿Cuál fue el principal motivo que eligieron este lugar (Pampa Sitana)?

.....

.....

-¿Cuál es el miembro de la familia que permanece mas tiempo en la vivienda?

.....

-¿Cuál es la principal ventaja que encuentra en esta vivienda?

.....

.....

-¿Cuál es la principal desventaja que encuentra en esta vivienda?

.....

.....

-¿Se siente satisfecho residiendo en su vivienda actual?

.....

-¿Qué entiende usted por calidad de vida?

.....

.....

.....

-¿Crees usted que su vivienda le provee una buena calidad de vida?

.....

-¿Qué cree que le falta a su vivienda?, según sus necesidades:

.....

.....

.....

IV.- RESPECTO AL USO DE ZONAS COMUNES

-Ante una falta de privacidad ¿Cómo es la convivencia familiar?

.....

-Ante la afirmación: La falta de espacio propicia enfrentamientos familiares ¿Esto ocurre en su familia?

.....

-¿Los niños juegan dentro de la casa, y dónde?

.....

-¿Cómo juegan los niños en la casa, que tipo de actividades realizan?

.....

.....

-Cuando usted quiere estar solo/a y no puede, ¿Qué es lo que hace?

.....

.....

.....

-¿El espacio afecta su estado de ánimo, y de ser así, cómo?

.....

.....

-Cuando todos los que viven en la casa se encuentran presentes, ¿Cómo se siente usted?

.....

.....

-¿Logra moverse con libertad cuando todos están presentes, cómo?

.....

.....

-¿Cómo es la convivencia familiar cuando hay falta de privacidad?

.....

.....

-En la vivienda se ha presentado algún accidente, cómo fue?

.....

.....

-Cuando todos los miembros de su familia se encuentran haciendo sus deberes, ¿Los espacios en la vivienda son suficientes?

.....

.....

-¿Cuáles son los deberes que realiza cada miembro de la familia?

.....

V.- RESPECTO AL AREA DE BAÑO

- ¿Su baño se encuentra aislado de las areas comunes como la sala o el comedor?
.....
- Describa cuán equipado se encuentra su baño:
.....
.....
.....
- ¿Posee mas de un baño en su vivienda? descríbalos y anote su ubicación:
.....
.....
- ¿Cuándo recibe visitas, puede usar el baño con libertad?
.....
- En las mañanas, ¿Existen problemas para utilizar el baño, debido a qué?
.....
.....
- ¿Hacer el aseo del baño es posible cuando todos se encuentran en casa?
.....
- Dentro del baño de su vivienda, ¿Es posible realizar necesidades fisiológicas y de aseo personal sin ninguna complicación? Si existe alguna, anótela:
.....
.....

VI.- RESPECTO A LOS DORMITORIOS

- ¿Con cuántos dormitorios cuenta su vivienda?
.....
- ¿Qué muebles considera usted necesarios en una habitación?
.....
.....
- ¿Su habitación le permite realizar otro tipo de actividades? (Estudiar, trabajar, ocio) si es así, especifique:
.....
.....
- ¿Considera usted que tiene privacidad en su habitación?
.....
- En su vivienda hay integrantes que comparten habitación ¿Quiénes?
.....
.....

-A continuación tiene un listado de actividades que se realizan cotidianamente en una vivienda, califíquelas del 1 al 5, donde 1 es que no la disfruta en lo absoluto y 5 que los disfruta mucho.

- Brindar hospedaje a familiares ()
- Hacer reuniones sociales en familia ()
- Celebrar cumpleaños de miembros de la familia ()
- Realizar almuerzos familiares ()
- Disfrutar de una noche de juegos familiar ()
- Poder realizar actividades sin molestar a los vecinos ()

VII.- CON RESPECTO A LA MATERIALIDAD DE LA VIVIENDA

Cómo encuentra usted las condiciones físicas de su vivienda (infraestructura y espacio) en este momento.

- Muy buenas ()
- Buenas ()
- Regulares ()
- Malas ()

¿Porqué?

Con relación a la anterior vivienda que usted habitaba, qué tipo de bienestar usted podría afirmar que posee ahora.

- Mejor ()
- Igual ()
- Peor ()

¿Porqué?

Las condiciones físicas de su vivienda actual, a su criterio son:

- Muy buenas ()
- Buenas ()
- Regulares ()
- Malas ()

¿Porqué?

A que nivel de seguridad siente usted que se encuentra al estar dentro de su vivienda:

- Muy bueno ()
- Bueno ()
- Regular ()
- Malo ()

¿Porqué?

De poder hacer una ampliación en su casa ¿Cuál sería y de que material la haría?

.....
.....
.....
.....
.....

CHECKLIST DE CONTROL

ENTREVISTA N°		SI	NO
1.	El espacio de sala-comedor es utilizado para un actividad diferente, como un taller, tienda, etc,		
2.	El espacio de sala-comedor, es utilizada como una habitación para que algún integrante pueda dormir.		
3.	Se puede movilizar de manera tranquila por la vivienda		
4.	Tiene ducha eléctrica, solar o a gas.		
5.	Posee una nevera (refrigerador)		
6.	Posee una lavadora		
7.	Tiene un juego de sala		
8.	Cuenta con un computador de escritorio		
9.	Cuenta con un equipo de sonido		
10.	Existe un espacio dedicado para poder realizar el planchado y almacenamiento de ropa.		
11.	Los niños suelen jugar de manera habitual dentro de la vivienda.		
12.	Si se cuenta con una segunda planta, subir por las escaleras le resulta complicado.		
13.	Las gradas cuentan con barandas de seguridad		
14.	Existe hacinamiento en las habitaciones		
15.	Existe mas de una habitación en la vivienda		
16.	Existe algun espacio que se utilice como almacen/despensa		
17.	Cuentan con algún animal doméstico		
18.	Cuentan con animales de granja en la vivienda		

Anexo 2: Resistencia a la compresión de probetas



**INGENIERIA GEOTECNICA
CONSULTORES EIRL**
RUC 20532528004

LABORATORIO GEOTECNICO

PROYECTO

REUTILIZADOS DE LOS RELAVES DE QUEBRADA HONDA PARA LA ELABORACION DE ELEMENTOS CONSTRUCTIVOS Y MEJORAMIENTO DE LA CALIDAD DE VIDA DE LOS POBLADORES DE PAMPA SITANA TESTIGOS DE CONCRETO


**MUESTRA
ESTRUCTURA
SOLICITANTE
FECHA**

INDCADA
HUGO ENRIQUE CANAHUA SOSA
TACNA, 17 DE DICIEMBRE DEL 2021

**RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE TESTIGOS DE CONCRETO
NORMA ASTM C39 / C39M - 15a - MTC E704**

Titulo: Standard Test Method for Compressive Strength of Cylindrical Concrete Specimens

N°	ELEMENTO ESTRUCTURAL	FECHA DE		CARACTERÍST. DEL TESTIGO			CARGA KN	F'c = kg/cm2 ALCANZADA
		VACIADO	ROTURA	EDAD (dias)	DIAM (cm)	AREA (cm2)		
1	15	19-11-21	17-12-21	28	10.00	78.54	159.38	206.93
2	15	19-11-21	17-12-21	28	10.00	78.54	158.54	205.84
3	15	19-11-21	17-12-21	28	10.00	78.54	151.55	196.76
4	20	19-11-21	17-12-21	28	10.00	78.54	132.60	172.16
5	20	19-11-21	17-12-21	28	10.00	78.54	145.44	188.83
6	20	19-11-21	17-12-21	28	10.00	78.54	133.34	173.12
7								
8								
9								
10								
11								
12								


Gilbert Aldo Juárez Arana
 Bach. Ing. Geología Geotécnica
 Laboratorista




MANUEL A. JUSTO GURIA
 INGENIERO CIVIL
 REG. CIP. 13880



**INGENIERIA GEOTECNICA
CONSULTORES EIRL**
RUC 20532528004

LABORATORIO GEOTECNICO

PROYECTO REUTILIZADOS DE LOS RELAVES DE QUEBRADA HONDA PARA LA ELABORACION DE ELEMENTOS CONSTRUCTIVOS Y MEJORAMIENTO DE LA CALIDAD DE VIDA DE LOS POBLADORES DE PAMPA SITANA

MUESTRA TESTIGOS DE CONCRETO

ESTRUCTURA INDICADA

SOLICITANTE HUGO ENRIQUE CANAHUA SOSA

FECHA TACNA, 03 DE DICIEMBRE DEL 2021

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE TESTIGOS DE CONCRETO
NORMA ASTM C39 / C39M - 15a - MTC E704

Título: Standard Test Method for Compressive Strength of Cylindrical Concrete Specimens

N°	ELEMENTO ESTRUCTURAL	FECHA DE		CARACTERÍST. DEL TESTIGO			CARGA	F'c = kg/cm ²
		VACIADO	ROTURA	EDAD (días)	DIAM (cm)	AREA (cm ²)	KN	ALCANZADA
1	15	19-11-21	3-12-21	14	10.00	78.54	124.11	161.13
2	15	19-11-21	3-12-21	14	10.00	78.54	134.55	174.69
3	15	19-11-21	3-12-21	14	10.00	78.54	125.80	163.33
4	20	19-11-21	3-12-21	14	10.00	78.54	126.66	164.45
5	20	19-11-21	3-12-21	14	10.00	78.54	111.84	145.20
6	20	19-11-21	3-12-21	14	10.00	78.54	124.27	161.34
7								
8								
9								
10								
11								
12								


 Gilbert Aldo Juárez Arana
 Bach. Ing. Geológica Geotécnica
 Laboratorista




 MANUEL A. JUSTO GIURIA
 INGENIERO CIVIL
 REG. CIP. 1630



INGENIERIA GEOTECNICA
CONSULTORES EIRL
RUC 20532528004

LABORATORIO GEOTECNICO

PROYECTO REUTILIZADOS DE LOS RELAVES DE QUEBRADA HONDA PARA LA ELABORACION DE ELEMENTOS CONSTRUCTIVOS Y MEJORAMIENTO DE LA CALIDAD DE VIDA DE LOS POBLADORES DE PAMPA SITANA

MUESTRA TESTIGOS DE CONCRETO

ESTRUCTURA INDICADA


SOLICITANTE HUGO ENRIQUE CANAHUA SOSA

FECHA TACNA, 03 DE DICIEMBRE DEL 2021

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE TESTIGOS DE CONCRETO
NORMA ASTM C39 / C39M - 15a - MTC E704

Título: Standard Test Method for Compressive Strength of Cylindrical Concrete Specimens

N°	ELEMENTO ESTRUCTURAL	FECHA DE		CARACTERÍST. DEL TESTIGO			CARGA	FC = kg/cm ²
		VACIADO	ROTURA	EDAD (Días)	DIAM (cm)	AREA (cm ²)	KN	ALCANZADA
1	0	19-11-21	3-12-21	14	10.00	78.54	180.66	234.55
2	0	19-11-21	3-12-21	14	10.00	78.54	151.64	196.88
3	0	19-11-21	3-12-21	14	10.00	78.54	138.21	179.44
4	5	19-11-21	3-12-21	14	10.00	78.54	155.21	201.51
5	5	19-11-21	3-12-21	14	10.00	78.54	153.33	199.07
6	5	19-11-21	3-12-21	14	10.00	78.54	156.31	205.54
7	10	19-11-21	3-12-21	14	10.00	78.54	138.06	179.25
8	10	19-11-21	3-12-21	14	10.00	78.54	152.61	198.14
9	10	19-11-21	3-12-21	14	10.00	78.54	151.30	196.44
10								
11								
12								


 Gilbert Aldo Juárez Araya
 Bach. Ing. Geología Geotécnica
 Laboratorista




 MANUEL A. JUSTO GIURIA
 INGENIERO CIVIL
 REG. CIP. 14804



**INGENIERIA GEOTECNICA
CONSULTORES EIRL**
RUC 20532528004

LABORATORIO GEOTECNICO

PROYECTO

REUTILIZADOS DE LOS RELAVES DE QUEBRADA HONDA PARA LA ELABORACION DE ELEMENTOS CONSTRUCTIVOS Y MEJORAMIENTO DE LA CALIDAD DE VIDA DE LOS POBLADORES DE PAMPA SITANA

MUESTRA
ESTRUCTURA
SOLICITANTE
FECHA

TESTIGOS DE CONCRETO
INDICADA
HUGO ENRIQUE CANAHUA SOSA
TACNA, 26 DE NOVIEMBRE DEL 2021

**RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE TESTIGOS DE CONCRETO
NORMA ASTM C39 / C39M - 15a - MTC E704**

Título: Standard Test Method for Compressive Strength of Cylindrical Concrete Specimens

N°	ELEMENTO ESTRUCTURAL	FECHA DE		CARACTERÍST. DEL TESTIGO			CARGA	F'c = kg/cm ²
		VACIADO	NOTURA	EDAD (días)	DIAM (cm)	AREA (cm ²)		
1	15	19-11-21	26-11-21	07	10.10	80.12	95.04	120.96
2	15	19-11-21	26-11-21	07	10.10	80.12	119.64	152.27
3	15	19-11-21	26-11-21	07	10.10	80.12	121.51	154.65
4	20	19-11-21	26-11-21	07	10.10	80.12	113.33	144.24
5	20	19-11-21	26-11-21	07	10.10	80.12	123.40	157.06
6	20	19-11-21	26-11-21	07	10.10	80.12	116.77	148.62
7								
8								
9								
10								
11								
12								


 Gilbert Aldo Juárez Arana
 Bach. Ing. Geotécnica
 Laboratorista




 MANDEL A. JUSTO GUERRA
 INGENIERO CIVIL
 REC. CIV. 0000



**INGENIERIA GEOTECNICA
CONSULTORES EIRL**
RUC 20532528004

PROYECTO

LABORATORIO GEOTECNICO

REUTILIZADOS DE LOS RELAVES DE QUEBRADA HONDA PARA LA
ELABORACION DE ELEMENTOS CONSTRUCTIVOS Y MEJORAMIENTO DE LA
CALIDAD DE VIDA DE LOS POBLADORES DE PAMPA SITANA

**MUESTRA
ESTRUCTURA
SOLICITANTE
FECHA**

TESTIGOS DE CONCRETO
INDICADA
HUGO ENRIQUE CANAHUA SOSA
TACNA, 26 DE NOVIEMBRE DEL 2021

**RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE TESTIGOS DE CONCRETO
NORMA ASTM C39 / C39M - 15a - MTC E704**

Título: Standard Test Method for Compressive Strength of Cylindrical Concrete Specimens

N°	ELEMENTO ESTRUCTURAL	FECHA DE		CARACTERÍST. DEL TESTIGO			CARGA KN	F'c = kg/cm ² ALCANZADA
		VACIADO	NOTURIA	EDAD (días)	DIAM (cm)	AREA (cm ²)		
1	0	19-11-21	26-11-21	07	10.10	80.12	173.26	220.51
2	0	19-11-21	26-11-21	07	10.10	80.12	165.59	210.75
3	0	19-11-21	26-11-21	07	10.10	80.12	149.51	190.29
4	5	19-11-21	26-11-21	07	10.10	80.12	144.06	183.35
5	5	19-11-21	26-11-21	07	10.10	80.12	142.88	181.85
6	5	19-11-21	26-11-21	07	10.10	80.12	143.71	182.91
7	10	19-11-21	26-11-21	07	10.10	80.12	138.51	176.29
8	10	19-11-21	26-11-21	07	10.10	80.12	136.69	173.97
9	10	19-11-21	26-11-21	07	10.10	80.12	142.07	180.82
10								
11								
12								


 Gilbert Aldo Juárez Arapa
 Bach. Ing. Geología Geotécnica
 Laboratorio




 MANUEL A. JUSTO GURRIA
 INGENIERO CIVIL
 REG. CH. 1980



INGENIERIA GEOTECNICA
CONSULTORES EIRL
RUC 20532528004

LABORATORIO GEOTECNICO

PROYECTO

REUTILIZADOS DE LOS RELAVES DE QUEBRADA HONDA PARA LA ELABORACION DE ELEMENTOS CONSTRUCTIVOS Y MEJORAMIENTO DE LA CALIDAD DE VIDA DE LOS POBLADORES DE PAMPA SITANA TESTIGOS DE CONCRETO

MUESTRA
ESTRUCTURA
SOLICITANTE
FECHA

INDICADA
HUGO ENRIQUE CANAHUA SOSA
TACNA, 17 DE DICIEMBRE DEL 2021

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE TESTIGOS DE CONCRETO
NORMA ASTM C39 / C39M - 15a - MTC E704

Título: Standard Test Method for Compressive Strength of Cylindrical Concrete Specimens

N°	ELEMENTO ESTRUCTURAL	FECHA DE		CARACTERÍST. DEL TESTIGO			CARGA	F'c = kg/cm ²
		VACIADO	ROTURA	EDAD (días)	DIAM (cm)	AREA (cm ²)	KN	ALCANZADA
1	0	19-11-21	17-12-21	28	10.00	78.54	181.89	236.15
2	0	19-11-21	17-12-21	28	10.00	78.54	185.38	240.68
3	0	19-11-21	17-12-21	28	10.00	78.54	188.34	245.17
4	5	19-11-21	17-12-21	28	10.00	78.54	178.63	231.92
5	5	19-11-21	17-12-21	28	10.00	78.54	188.96	245.36
6	5	19-11-21	17-12-21	28	10.00	78.54	188.54	242.19
7	10	19-11-21	17-12-21	28	10.00	78.54	185.02	240.22
8	10	19-11-21	17-12-21	28	10.00	78.54	189.14	245.56
9	10	19-11-21	17-12-21	28	10.00	78.54	181.62	235.80
10								
11								
12								

Gilbert Aldo Juárez Ariana
Bach. Ing. Geológicas-Geotécnicas
Laboratorista



MANUEL A. JUSTO GURRIA
INGENIERO CIVIL
REG. CIP. 14520

Anexo 3: Certificado de calibración

METROTEC

METROLOGIA & TÉCNICAS S.A.C.

Servicios de Calibración y Mantenimiento de Equipos e Instrumentos de Medición Industriales y de Laboratorio

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
MT - LF - 047 - 2021

Área de Metrología
Laboratorio de Fuerza

Página 1 de 3

1. Expediente	210129	Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, que realizan las unidades de la medición de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).
2. Solicitante	INGEOTECC E.I.R.L.	
3. Dirección	Cal. Tacna N° 281 U.V. Rueda, Tacna - Tacna - TACNA.	Los resultados son validos en el momento de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamento vigente. METROLOGÍA & TÉCNICAS S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados. Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio que lo emite. El certificado de calibración sin firma y sello carece de validez.
4. Equipo	PRESA DE CONCRETO	
Capacidad	2000 kN	
Marca	KAIZA CORP	
Modelo	STYE-2000	
Número de Serie	190164	
Procedencia	CHINA	
Identificación	NO INDICA	
Indicación	DIGITAL	
Marca	MC	
Modelo	LM-02	
Número de Serie	NO INDICA	
Resolución	0,01 / 0,1 kN (*)	
Ubicación	LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y CONCRETO	
5. Fecha de Calibración	2021-02-26	

Fecha de Emisión

Jefe del Laboratorio de Metrología

Sello

2021-03-15



Firmado digitalmente por
Eleazar Cesar Chavez Raraz
Fecha: 2021.03.16 10:04:33



Metrología & Técnicas S.A.C.
Av. San Diego de Alcalá Mz. F1 lote 24 Urb. San Diego, SMP, LIMA
Tel: (511) 540-0642
Cel: (511) 971 439 272 / 971 439 282

ventas@metrologiatecnicas.com
metrologia@metrologiatecnicas.com
www.metrologiatecnicas.com

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
MT - LF - 047 - 2021*Área de Metrología*
Laboratorio de Fuerza

Página 2 de 3

6. Método de Calibración

La calibración se realizó por el método de comparación directa utilizando patrones trazables al SI calibrados en las instalaciones del LEDI-PUCP tomado como referencia el método descrito en la norma UNE-EN ISO 7500-1 "Verificación de Máquinas de Ensayo Uniaxiales Estáticas. Parte 1: Máquinas de ensayo de tracción/compresión. Verificación y calibración del sistema de medida de fuerza." - Julio 2006.

7. Lugar de calibración

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y CONCRETO
Cal. Tacna N° 281 U.V. Rueda, Tacna - Tacna - TACNA.

8. Condiciones Ambientales

	Inicial	Final
Temperatura	23,7 °C	23,8 °C
Humedad Relativa	59 % HR	59 % HR

9. Patrones de referencia

Trazabilidad	Patrón utilizado	Informe/Certificado de calibración
Celdas patrones calibradas en HOTTINGER BALDWIN MESSTECHNIK GmbH - Alemania 2020-187747 / 2020-195857	Celda de carga calibrado a 1500 kN con incertidumbre del orden de 0,6 %	LEDI-PUCP INF-LE-024-21A

10. Observaciones

- Se colocó una etiqueta autoadhesiva con la indicación CALIBRADO.
- Durante la realización de cada secuencia de calibración la temperatura del equipo de medida de fuerza permanece estable dentro de un intervalo de $\pm 2,0$ °C.
- El equipo no indica clase sin embargo cumple con el criterio para máquinas de ensayo uniaxiales de clase de 1,0 según la norma UNE-EN ISO 7500-1.
- (*) La resolución del indicador es 0,01 kN para lecturas menores a 1000 kN y 0,1 kN para lecturas fuera de este rango.

Metrología & Técnicas S.A.C.
Av. San Diego de Alcalá Mz. F1 lote 24 Urb. San Diego, SMP, LIMA
Tel: (511) 540-0642
Cel: (511) 971 439 272 / 971 439 262



ventas@metrologiatecnicas.com
metrologia@metrologiatecnicas.com
www.metrologiatecnicas.com

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN MT - LF - 047 - 2021

Área de Metrología
Laboratorio de Fuerza

Página 3 de 3

11. Resultados de Medición

Indicación del Equipo	Indicación de Fuerza (Ascenso)				
	F_1 (kN)	F_2 (kN)	F_3 (kN)	F_4 (kN)	$F_{promedio}$ (kN)
10	100,0	99,4	99,4	99,3	99,4
20	200,0	199,9	199,9	199,8	199,9
30	300,0	300,5	300,6	300,4	300,5
40	400,0	400,4	400,5	400,3	400,4
50	500,0	500,7	500,8	500,6	500,7
60	600,0	600,8	600,9	600,7	600,8
70	700,0	700,9	700,9	700,8	700,9
80	800,0	801,0	801,1	800,9	801,0
90	900,0	900,8	900,9	900,7	900,8
100	1000,0	1001,7	1001,9	1001,7	1001,8
Retorno a Cero		0,0	0,0	0,0	

Indicación del Equipo F (kN)	Errores Encontrados en el Sistema de Medición				Incertidumbre U (k=2) (%)
	Exactitud q (%)	Repetibilidad b (%)	Reversibilidad v (%)	Resol. Relativa a (%)	
100,0	0,64	0,10	---	0,01	0,41
200,0	0,07	0,07	---	0,01	0,41
300,0	-0,15	0,07	---	0,00	0,41
400,0	-0,10	0,05	---	0,00	0,41
500,0	-0,14	0,04	---	0,00	0,41
600,0	-0,13	0,03	---	0,00	0,41
700,0	-0,12	0,02	---	0,00	0,41
800,0	-0,13	0,02	---	0,00	0,41
900,0	-0,09	0,03	---	0,00	0,41
1000,0	-0,18	0,02	---	0,00	0,41

MÁXIMO ERROR RELATIVO DE CERO (ϵ_0)	0,00 %
--	--------

12. Incertidumbre

La incertidumbre expandida de medición se ha obtenido multiplicando la incertidumbre estándar de la medición por el factor de cobertura $k=2$, el cual corresponde a una probabilidad de cobertura de aproximadamente 95%. La incertidumbre expandida de medición fue calculada a partir de los componentes de incertidumbre de los factores de influencia en la calibración. La incertidumbre indicada no incluye una estimación de variaciones a largo plazo.

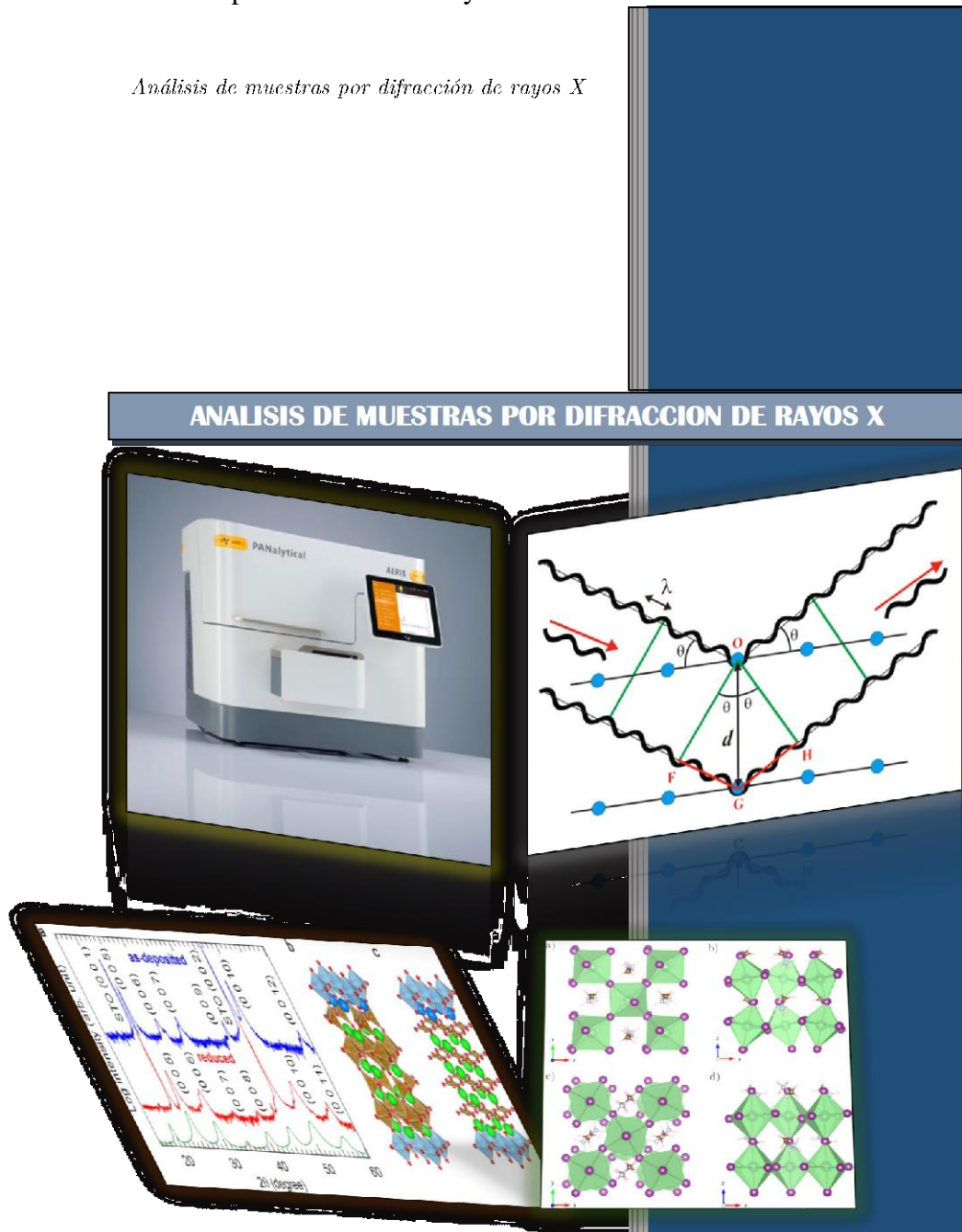
Metrología & Técnicas S.A.C.
Av. San Diego de Alcalá Mz. F1 lote 24 Urb. San Diego, SMP, LIMA
Tel: (511) 540-0642
Cel: (511) 971 439 272 / 971 439 282



ventas@metrologiatecnicas.com
metrologia@metrologiatecnicas.com
www.metrologiatecnicas.com

Anexo 4: Resultados por difracción de rayos X

Análisis de muestras por difracción de rayos X

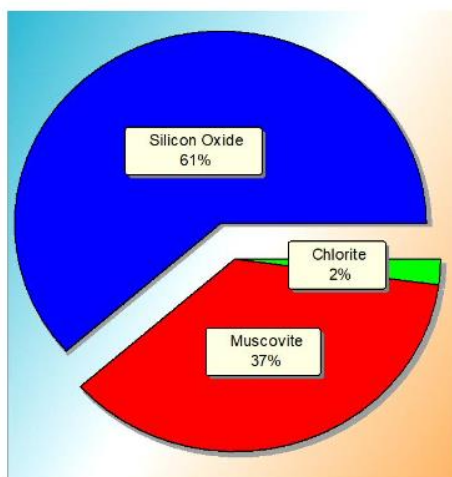


REUTILIZACIÓN DE LOS RELAVES DE QUEBRADA HONDA PARA LA ELABORACIÓN DE ELEMENTOS CONSTRUCTIVOS Y MEJORAMIENTO DE LA CALIDAD DE VIDA DE LOS POBLADORES DE PAMPA SITANA

4.2. MUESTRA 2. RELAVE

La muestra analizada presenta 3 fases presentes tal como se detalla en el siguiente cuadro:

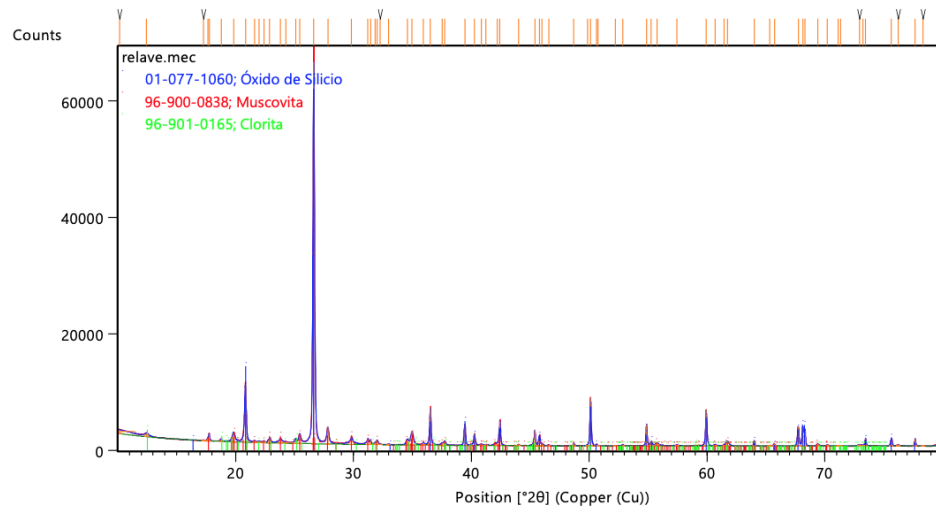
Base de Datos	Nombre del Mineral	Formula General	% Aproximado
01-077-1060 (JCPDS)	Óxido de silicio	SiO ₂	61
96-900-0838 (COD)	Muscovita	K Si ₃ Al ₃ O ₁₂	37
96-901-0165 (COD)	Clorita	Mg _{9.17} Fe _{1.02} Al _{3.46} Si _{6.35} O _{36.00}	2



Observaciones del Análisis de Difracción de rayos X

- El presente informe no puede ser utilizado como certificado.
- Los resultados corresponden a las muestras proporcionadas por el solicitante.
- Está prohibida la reproducción total o parcial de este documento.

FIGURA 2, RELAVE



Anexo 5: Resultados de morfología y análisis elemental



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN AGUSTIN
FACULTAD DE INGENIERIA DE PROCESOS
CENTRO DE MICROSCOPIA ELECTRÓNICA**

CME-UNSA-INF-003-2022

INFORME DE CARACTERIZACIÓN POR MICROSCÓPIA ÓPTICA Y ELECTRÓNICA

SOLICITANTE:

ENTIDAD EJECUTORA

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN AGUSTÍN

CENTRO DE MICROSCOPIA ELECTRÓNICA

DIRECTOR: ING° EDWIN URDAY

SERVICIO SOLICITADO

ING. HUGO CANAHUA

REFERENCIA

DOCENTE DE LA UNSA

MUESTRA

RELAVES

INFORME

REALIZADO POR

FECHA

1. Objetivo

Realizar el estudio de caracterización y microanálisis con el Microscopio Electrónico de Barrido – Microanálisis por Energía Dispersiva de Rayos X, para identificar elementos.

2. Método de trabajo

El Centro de Microscopia Electrónica cuenta con un Microscopio Electrónico de Barrido, Thermo Scientific Scios dualBeam FIB-SEM.

Con un Detector de Rayos X EDS y software Pathfinder para identificar qué elementos están presentes en la muestra.

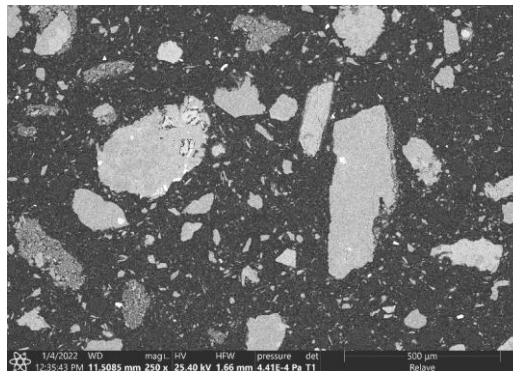
3. Resumen

Se realizaron seis fotografías en la superficie de la muestra en diferentes puntos. Se realizó con el Detector Electrones Retrodispersados (T1), a diferentes Magnitudes, Kilo voltajes y tamaño de partículas. También se obtuvieron seis análisis elementales para identificar qué elementos presentes hay en la muestra.

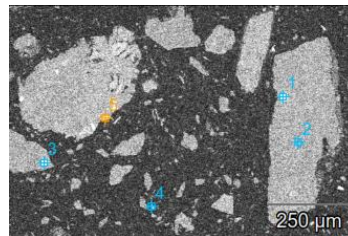
Briqueta hecha con resina epoxica como se muestra en la figura. Par luego observarlo en el Microscopio Electrónico de Barrido. Muestra de Relave



La primera fotografía con nombre: **Relave1** fue hecha a una magnitud de 250X aumentos, la imagen originada con electrones retrodispersados que revela diferencias en la composición química por diferencia de contraste, brillo por la topografía de la superficie.

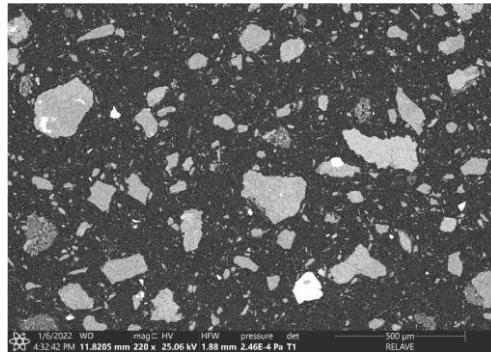


Se realizaron cinco análisis puntuales como se observa en la fotografía. También un cuadro de las cantidades en % peso de cada elemento obtenido.

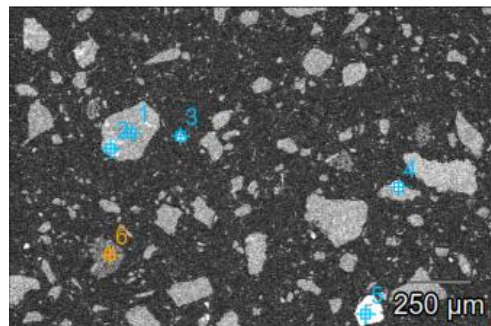


	Weight %											
	C	O	Na	Mg	Al	Si	Cl	K	Ca	Ti	Fe	Cu
RELAVE(1)_pt1	2.99	26.30		0.74	1.33	1.52				27.35	13.37	
RELAVE(1)_pt2	6.90	41.54	6.68		11.00	32.05		0.78	1.04			
RELAVE(1)_pt3	3.28	21.58				0.24				74.08	0.82	
RELAVE(1)_pt4	45.71	15.35			1.68	2.29	2.95	0.89			8.79	
RELAVE(1)_pt5	5.34										22.84	24

La segunda fotografía con nombre: **Relave2** fue hecha a una magnitud de 220X aumentos, la imagen originada con electrones retrodispersados que revela diferencias en la composición química por diferencia de contraste, brillo por la topografía de la superficie.

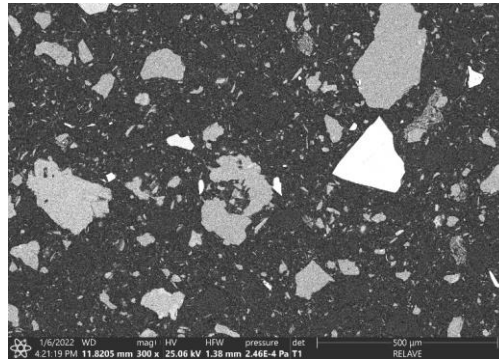


Se realizaron seis análisis puntuales como se observa en la fotografía. También un cuadro de las cantidades en % peso de cada elemento obtenido.

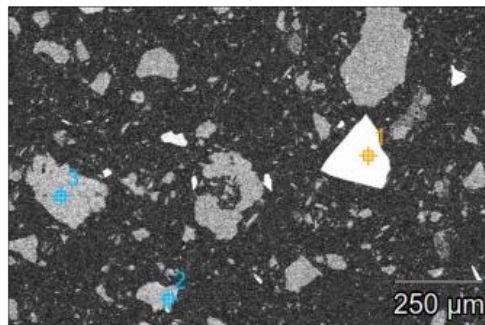


	Weight %										
	C	O	Na	Mg	Al	Si	Cl	K	Ca	Fe	Mo
RELAVE(2)_pt1	5.64	43.29			0.28	51.07				1.52	3.46
RELAVE(2)_pt2	5.47	41.36			0.12	47.91				27.41	54.64
RELAVE(2)_pt3	17.83									31.54	65.78
RELAVE(2)_pt4	2.67									32.24	64.87
RELAVE(2)_pt5	2.89									4.67	0.56
RELAVE(2)_pt6	32.61	30.76	1.96	1.99	8.32	15.67	0.46	2.32	0.69		

La segunda fotografía con nombre: **Relave3** fue hecha a una magnitud de 300X aumentos, la imagen originada con electrones retrodispersados que revela diferencias en la composición química por diferencia de contraste, brillo por la topografía de la superficie.

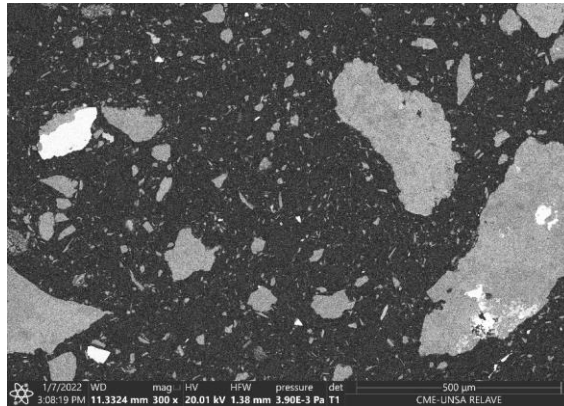


Se realizaron tres análisis puntuales como se observa en la fotografía. También un cuadro de las cantidades en % peso de cada elemento obtenido.

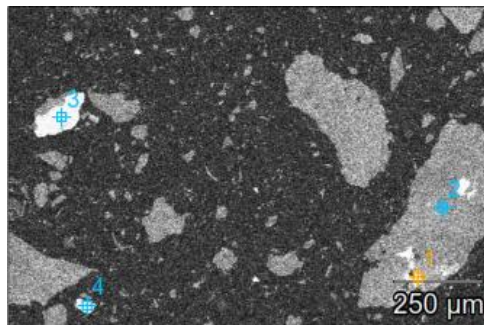


	Weight %									
	C	O	Na	Mg	Al	Si	K	Ti	Fe	Mo
RELAVE(3)_pt1	2.59				0.02				32.06	65.32
RELAVE(3)_pt2	5.42	34.29	0.27	7.80	8.50	18.25	9.12	1.88	14.47	
RELAVE(3)_pt3	4.89	41.00	0.41	0.39	18.70	22.84	10.54		1.23	

La segunda fotografía con nombre: **Relave4** fue hecha a una magnitud de 300X aumentos, la imagen originada con electrones retrodispersados que revela diferencias en la composición química por diferencia de contraste, brillo por la topografía de la superficie.

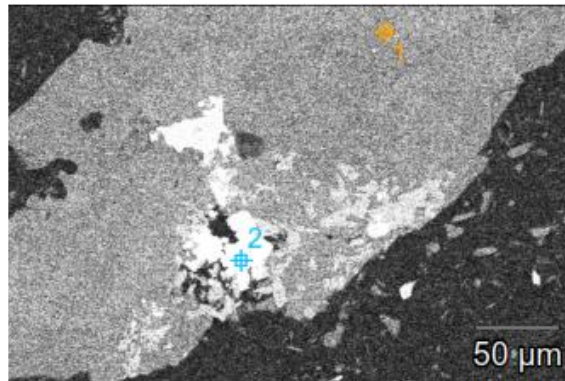


Se realizaron cuatro análisis puntuales como se observa en la fotografía. También un cuadro de las cantidades en % peso de cada elemento obtenido.



	Weight %									
	C	O	F	Al	Si	P	K	Ca	Fe	Mo
RELAVE(4)_pt1	39.38	41.35	2.33		1.49	13.70		1.75		
RELAVE(4)_pt2	9.20	38.80		17.74	25.58		8.67			
RELAVE(4)_pt3	4.37								30.04	65.59
RELAVE(4)_pt4	3.94								30.43	65.63

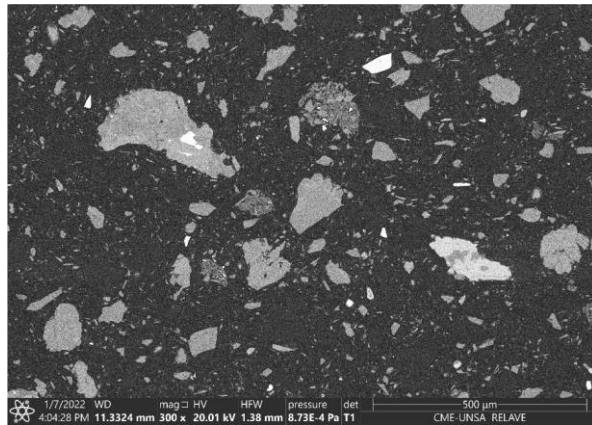
La segunda fotografía con nombre: **Relave5** fue hecha a una magnitud de 600X aumentos, la imagen originada con electrones retrodispersados que revela diferencias en la composición química por diferencia de contraste, brillo por la topografía de la superficie.



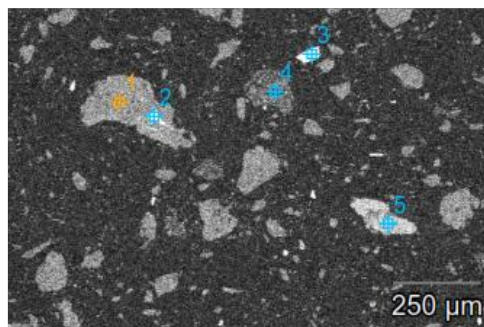
Se realizaron dos análisis puntuales como se observa en la fotografía. También un cuadro de las cantidades en % peso de cada elemento obtenido.

	Weight %								
	C	O	F	Al	Si	P	K	Ca	Mo
RELAVE5(5)_pt1	21.03	33.73		7.25	31.30		6.70		
RELAVE5(5)_pt2	28.46	48.99	2.18			17.85		1.15	1.37

La segunda fotografía con nombre: **Relave6** fue hecha a una magnitud de 300X aumentos, la imagen originada con electrones retrodispersados que revela diferencias en la composición química por diferencia de contraste, brillo por la topografía de la superficie.



Se realizaron cinco análisis puntuales como se observa en la fotografía. También un cuadro de las cantidades en % peso de cada elemento obtenido.



	Weight %											
	C	O	Na	Mg	Al	Si	P	K	Ca	Fe	Cu	Mo
RELAVE(6)_pt1	16.80	30.72		0.84	11.13	34.86		3.09		2.57		
RELAVE(6)_pt2	3.18									23.75	24.16	48
RELAVE(6)_pt3	2.74									30.74		66
RELAVE(6)_pt4	18.86	34.72		0.94	15.05	19.02		8.06	1.43			1.1
RELAVE(6)_pt5	5.88	41.49	6.86		9.65	29.77	1.79		4.58			

Anexo 6:

FICHA DE EVALUACIÓN - GRADO DE CONSOLIDACIÓN DE VIVIENDA

Datos Generales

DATOS DEL PROPIETARIO de la vivienda	
Nombres:	Apellidos:
DNI:	Estado Civil:
Telefono:	Lugar de residencia actual:

TIPOLOGÍA de la vivienda			
Unifamiliar aislada		Multifamiliar (un propietario)	
Número de pisos		Número de pisos	
Área (m2 construidos)		Número de familias	
Área del terreno		Número de viviendas	
Otros		Área (m2 construidos)	
Área (m2 construidos)		Área del terreno	

Evaluación

La presente evaluación se ha estructurado mediante cuatro etapas, las cuales representan de forma puntual el grado de Consolidación que una vivienda va experimentando a lo largo del tiempo, las cuales son:

Grado de Consolidación de Vivienda	
Porcentaje	Características
10%	La vivienda presenta cualquier tipo de cerramiento que permita crear privacidad, ofrecer el primer nivel de protección y diferenciarla de la calle como zona pública.
40%	La vivienda, además de contar con cerramiento, cuenta con uno o más espacios en su interior que permiten el desarrollo de actividades, aún sin un diferenciamiento de zonas o ámbitos.
70%	Se empiezan a diferenciar una organización por zonas o ámbitos que aportarán jerarquía y especializaciones dentro de la vivienda, tales como: Zona social, Zona de Servicios y Zona privada
100%	La vivienda cuenta con todas las características anteriores, además de espacios flexibles o muta para dar lugar a nuevos usos como: Tiendas, Hospedajes, Talleres, etc.

A continuación se muestra la escala numérica que se utilizó para representar la valoración al momento de evaluar las viviendas

Escala utilizada para la VALORACIÓN					
0	No se cumple	3	Se cumple parcialmente	5	Se cumple a cabalidad

1.- ETAPA INICIAL O DE APROPIACIÓN
<p>Durante esta etapa los pobladores tratan de establecer una diferencia entre su terreno y el contorno que los rodea, establecen relaciones de privacidad con respecto a la calle, construyen cerramientos para brindarse seguridad y protección, así como hitos que permitan establecer una clara delimitación de su propiedad; aún no se define si el usuario habita activamente la vivienda.</p> <p>*Hasta esta etapa se puede representar hasta el 10% del grado de consolidación (conjunto), según la evaluación y el criterio del evaluador.</p>

Criterios de evaluación	Puntaje
1.- La vivienda, o en este caso el terreno donde se establecerá la vivienda cuenta con elementos o hitos que permitan diferenciarla de otros predios, delimiten sus dimensiones o establezcan una señal de pertenencia.	
2.- La vivienda o en este caso el terreno donde se establecerá la vivienda cuenta con un cerramiento que permita establecer una relación de privacidad con respecto a las zonas públicas como la calle.	
Puntaje obtenido / Total	
Observaciones:	

2.- ETAPA DE ASENTAMIENTO
<p>Durante esta etapa los pobladores ya deben contar con una vivencia activa dentro de su predio, es por esto que en esta etapa se reconoce que aparte de tener un cerramiento que ofrezca privacidad y protección, existen espacios que permiten el desarrollo de actividades dentro del predio, así como relaciones rudimentarias de intenciones de uso dentro de estos.</p> <p>* Hasta esta etapa se puede representar hasta el 40% del grado de consolidación (conjunto), según su evaluación y el criterio del evaluador.</p>

Criterios de evaluación	Puntaje
1.- La vivienda empieza a dar muestras de lo que se podría definir como espacios interiores y exteriores dentro del predio.	
2.- La vivienda presenta uno o dos espacios que se han construido dentro del predio para el uso de los usuarios.	
3.- Los espacios construidos dentro de la vivienda cumplen con la función de brindar cobijo frente a las condiciones climáticas exteriores aunque sea de manera básica.	
4.- La vivienda cuenta con una zona que permita realizar las necesidades básicas humanas dentro del predio.	
5.- La vivienda cuenta con un espacio o zona que permita la preparación de alimentos, así como el almacenamiento y el consumo de estos dentro de la vivienda, sin tener en cuenta ningún electrodoméstico o muebles especializados.	
6.- La vivienda cuenta con uno o más espacios que permiten a los usuarios poder descansar o realizar actividades de reposo básicas.	
Puntaje obtenido / Total	
Observaciones:	

3.- ETAPA DE ZONIFICACIÓN
<p>Durante esta etapa los pobladores deben establecer relaciones de jerarquía, ámbitos o especializaciones dentro de los espacios que conforman su vivienda, así como también presentar criterios de organización, desarrollo de un estilo de vida más definido y ver su vivienda como un espacio de múltiples usos compatibles.</p> <p>* Hasta esta etapa se puede representar hasta el 70% del grado de consolidación (conjunto), según la evaluación y el criterio del evaluador.</p>

Criterios de evaluación	Puntaje
1.- La vivienda cuenta con varios espacios que se han construidos dentro del predio para la realización de actividades generadas por el propio usuario.	
2.- La vivienda presenta o empieza a presentar una zona de espacios sociales, los cuales pueden estar conformados por una sala, cocina, comedor, etc.	
3.- La vivienda presenta o empieza a presentar una zona de espacios privados, el cual puede estar conformado por las habitaciones, estudios o halls.	
4.- La vivienda presenta una zona de servicios que puede estar conformada por los baños, lavanderías o almacenes.	
5.- La vivienda cuenta con una clara diferenciación de espacios interiores de exteriores, estos pueden ser patios o áreas verdes.	
6.- La vivienda presenta una organización que es fácilmente perceptible ya sea desde su fachada o su distribución.	
Puntaje obtenido / Total	
Observaciones:	

4.- ETAPA DE DIVERSIFICACIÓN
<p>Durante esta etapa los pobladores ya han establecido espacios claramente definidos dentro de su vivienda ya sea por sus dimensiones, usos o ámbitos dentro de su vivienda, tanto que ya se empieza a ver a la vivienda como un lugar de mucho potencial para futuras expansiones, usos o incluso darle un nuevo propósito funcional a ésta.</p> <p>* Hasta esta etapa se puede representar hasta el 100% del grado de consolidación (conjunto), según la evaluación y el criterio del evaluador.</p>

Criterios de evaluación	Puntaje
1.- La vivienda cuenta con varios espacios que se han construidos dentro del predio para la realización de actividades de ocio o recreación.	
2.- La vivienda presenta o empieza a presentar una zona de espacios sociales, cuentan con nuevas jerarquías o usos compatibles.	
3.- La vivienda presenta claramente una zona de espacios privados, en los cuales se ha hecho una sub jerarquía como habitaciones principales o de huéspedes.	
4.- La vivienda presenta de una manera clara una zona de servicios con espacios jerarquizados por usuarios como baño privado o de visitas.	
5.- La vivienda cuenta con espacios dentro de esta que el usuario puede cambiar a disposición sin mayor complicación (espacios flexibles).	
6.- La vivienda es posible que tenga un nuevo uso, como un hospedaje, una tienda, un taller o incluso modificaciones estructurales con nuevos usos.	
Puntaje obtenido / Total	
Observaciones:	

Ponderación de resultados

Gracias al llenado de los ítems anteriores, podemos establecer un ponderado que nos permita saber el grado de consolidación de la vivienda utilizando las etapas que usamos como criterios de evaluación

GRADO DE CONSOLIDACION	RANGO	PUNTAJE OBTENIDO
10% DE CONSOLIDACIÓN	0 - 10	
40% DE CONSOLIDACIÓN	11 - 40	
70% DE CONSOLIDACIÓN	41 - 70	
100% DE CONSOLIDACIÓN	71 - 100	

Anexo 7: PRESUPUESTO DEL MÓDULO BÁSICO PROPUESTO

PRESUPUESTO

Para tener una aproximación de lo que costaría construir el módulo de vivienda básico que se propone, se ha elaborado el siguiente presupuesto para ayudarnos a comprender de manera más tangible el aspecto económico que supondría utilizar el relave como componente en la fabricación de cemento.

TIPOLOGÍA – MÓDULO DE VIVIENDA ECONÓMICO

ITEM	GRUPO DE PARTIDA	PARCIAL S/	VALOR M2 S/	VALOR M2 \$
01	Obras Provisionales	1.181,56	61,36	15,35
02	Trabajos Preliminares	622,20	10,37	2,59
03	Movimiento de Tierras	510,21	33,50	8,38
04	Obras de Concreto Simple	5.273,53	52,74	13,19
05	Concreto Armado	34.712,06	347,12	86,82
06	Muros y Tabiques de Albañilería	5.896,65	139,94	35,00
07	Revoques y Enlucidos	7.210,03	72,10	18,03
08	Cielo Raso	233,97	37,23	9,31
09	Pisos y Pavimentos	2.786,90	121,45	30,38
10	Contrazócalos	240,35	8,17	2,04
11	Zócalos	246,68	14,27	3,57
12	Revestimientos de Gradas y Escaleras	474,52	7,91	1,98
13	Cubiertas	348,35	9,14	2,29
14	Carpintería de Madera	540,52	125,68	31,43
15	Carpintería Metálica	750,00	12,50	3,13
16	Cerrajería	705,46	20,09	5,03
17	Vidrios, cristales y similares	1.309,49	31,51	7,88
18	Pintura	906,12	118,44	29,62
19	Varios, Limpieza, Jardinería	63,65	13,56	3,39
20	Aparatos y Accesorios Sanitarios	972,22	32,87	8,22
21	Instalaciones Sanitarias (Agua Fría, Agua Caliente, Almacenamiento, Desagüe)	854,77	70,65	17,67
22	Instalaciones Eléctricas (Salidas, Tub. Conductores, Tableros e Interruptores, Sist. Tierra. Equipos)	965,00	139,16	34,81
	COSTO DIRECTO	88.304,28	1.479,76	370,12

MEMORIA DESCRIPTIVA

Los metrados se han calculado en base a los planos de Arquitectura que se presentan en la presente investigación. En la elaboración de este presupuesto se ha empleado los análisis de costos y precios de insumos contenidos dentro del boletín “Suplemento Técnico” de UDH Conecta, en su edición de enero del 2022.

Tipo: Módulo de vivienda básica
Modelo: 1 plantas
Área del terreno: 200.00 m²
Área construida: 35.00 m²

Estructuras: Muros de ladrillo, columnas, vigas, losas aligeradas
Acabados: Del tipo normal, se busca economizar costos
Instalaciones Sanitarias: Agua fría, Agua caliente, desagüe y tanque elevado
Instalaciones Eléctricas: Tuberías empotradas PVC

PARTIDAS CON CONCRETO

Se hará el análisis de sustitución de relave en la dosificación de concreto en las principales partidas que requieran concreto con especificaciones compatibles con nuestros resultados.

Obras de Concreto Simple:

04	Obras de Concreto Simple				10.547,06
04.01	CONCRETO CICLOPEO 1:8(C:H)+30% P.G.CIMENTOS CORRIDOS	m3	17,90	222,78	3.987,76
04.02	CONCRETO C:H 1:12 E=4" PARA SOLADOS	m2	4,32	40,27	173,97
04.03	CONCRETO 1:8 (C:H) + 25% P.M.-SOBRECIMENTOS	m3	3,93	307,15	1.207,10
04.04	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO NORMAL PARA SOBRECIMENTOS	m2	45,12	46,82	2.112,52
04.05	FALSOPISO DE 4" CON MEZC.1:8 C:H	m2	83,90	36,54	3.065,71

Para las obras de concreto simple se admite usar una resistencia a la compresión de 175, por lo que el porcentaje de sustitución sería el de un 20 %. Esto significa utilizar 4,36 m³ de relave.

OBRAS DE CONCRETO SIMPLE	
Costo de construcción normal	S/. 6 328,23
Costo con sustitución del relave	S/. 5 062,58
Ahorro	S/. 1 265,65

Concreto Armado

05	Concreto Armado				69.424,13
05.01	Zapatas				1.051,96
05.01.01	CONCRETO F'C 175 KG/CM2 ZAPATA	m3	2,60	335,80	873,08
05.01.02	ACERO FY=4,200 KG/CM2 REND:300 KG/DIA	kg	31,11	5,75	178,88
05.02	Muros Reforzados				13.596,56
05.02.01	CONCRETO F'C 175 KG/CM2 TABIQUE Y PLACA	m3	7,88	623,19	4.910,74
05.02.02	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO NORMAL TABIQUE Y PLACA	m2	90,18	67,62	6.097,97
05.02.03	ACERO FY=4,200 KG/CM2 REND:300 KG/DIA	kg	450,06	5,75	2.587,85
05.03	Columnas				16.514,25
05.03.01	CONCRETO F'C 175 KG/CM2 COLUMNA	m3	8,29	545,51	4.522,28
05.03.02	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO NORMAL COLUMNA	m2	109,13	68,59	7.485,23
05.03.03	ACERO FY=4,200 KG/CM2 REND:300 KG/DIA	kg	783,78	5,75	4.506,74
05.04	Vigas				9.927,92
05.04.01	CONCRETO F'C 175 KG/CM2 VIGA	m3	7,16	390,14	2.793,40
05.04.02	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO NORMAL VIGAS RECTAS	m2	35,90	77,15	2.769,69
05.04.03	ACERO FY=4,200 KG/CM2 REND:300 KG/DIA	kg	759,10	5,75	4.364,83
05.05	Losa Aligerada				19.496,42
05.05.01	CONCRETO F'C 175 KG/CM2 LOSA ALIGERADA	m3	13,04	359,08	4.682,40
05.05.02	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO NORMAL LOSA ALIGERADA	m2	148,90	48,95	7.288,66
05.05.03	ACERO FY=4,200 KG/CM2 REND:300 KG/DIA	kg	473,14	5,75	2.720,56
05.05.04	LADRILLO ARCILLA PARA TECHO 15X30X30 CM	pza	1.365,00	3,52	4.804,80
05.06	Escaleras				4.678,00
05.06.01	CONCRETO F'C 175 KG/CM2 ESCALERA	m3	3,65	561,61	2.049,88
05.06.02	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO NORMAL ESCALERA	m2	14,70	102,07	1.500,43
05.06.03	ACERO FY=4,200 KG/CM2 REND:300 KG/DIA	kg	196,12	5,75	1.127,69
05.07	Cisterna				3.583,65
05.07.01	CONCRETO F'C 175 KG/CM2 CISTERNA	m3	3,91	561,61	2.195,90
05.07.02	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO NORMAL CISTERNA	m2	17,34	55,38	960,29
05.07.03	ACERO FY=4,200 KG/CM2 REND:300 KG/DIA	kg	74,34	5,75	427,46
05.08	Tanque Elevado				575,37
05.08.01	CONCRETO F'C 175 KG/CM2 TANQUE ELEVADO	m3	0,55	561,61	308,89
05.08.02	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO NORMAL TANQUE ELEVADO	m2	2,60	60,45	157,17
05.08.03	ACERO FY=4,200 KG/CM2 REND:300 KG/DIA	kg	19,01	5,75	109,31

Según los requerimientos de la normatividad vigente en nuestro país, para partidas de Zapatas, Columnas y Vigas, se puede hacer la sustitución del 10 % de cemento por relave.

Para las demás partidas que son: Muros Reforzados, Losa Aligerada, Escaleras, Cisterna y Tanque elevado, se puede hacer la sustitución del 20 % de cemento por relave.

Esto equivale a 4,70 m³ de relave.

PARTIDAS CON RESISTENCIA 210 KG/CM2	
Partidas consideradas	Precio en Soles
Zapatatas	S/. 1 051,96
Columnas	S/. 16 514,25
Vigas	S/. 9 927,92
Total	S/. 27 494,13

CONCRETO ARMADO – 210 KG/CM2	
Costo de construcción normal	S/. 27 494,13
Costo con sustitución del relave	S/. 24 744,71
Ahorro	S/. 2 749,42

PARTIDAS CON RESISTENCIA 175 KG/CM2	
Partidas consideradas	Precio en Soles
Muros Reforzados	S/. 13 596,56
Losa Aligerada	S/. 19 496,42
Escaleras	S/. 4 678,00
Cisterna	S/. 3 583,65
Tanque Elevado	S/. 575,37
Total	S/. 41 930,00

CONCRETO ARMADO – 175 KG/CM2	
Costo de construcción normal	S/. 41 930,00
Costo con sustitución del relave	S/. 33 544,00
Ahorro	S/. 8 386,00

Revoques y Enlucidos

07	Revoques y Enlucidos				14.420,06
07.01	TARRAJEO PRIMARIO Y RAYADO C/MEZCLA 1:5 E=1.5CM	m2	30,31	24,11	730,77
07.02	TARRAJEO MUROS INT.FROTACHADO MEZ.C:A 1:5,E=1.5 CM.	m2	420,99	22,51	9.476,48
07.03	TARRAJEO MUROS EXT.FROTACHADO MEZ.C:A 1:5,E=1.5 CM.	m2	82,71	29,43	2.434,16
07.04	VESTIDURA DERRAMES ANCHO=0.15 M MEZC.C:A 1:5 E=1.5CM.	m	87,05	19,56	1.702,70
07.05	VESTIDURA DE DERRAMES ANCHO=0.125 MEZC.C:A 1:5 E=1.5CM	m	4,35	17,46	75,95

Según los requerimientos en la partida de Revoques y Enlucidos, se puede sustituir hasta un 30 % o más de relave en la dosificación de preparación del concreto. Esto equivale a 7,68 m³ de relave.

REVOQUES Y ENLUCIDOS	
Costo de construcción normal	S/. 14 420,06
Costo con sustitución del relave	S/. 10 094,04
Ahorro	S/. 4 326,02

Entonces, del análisis de costos se puede afirmar que:



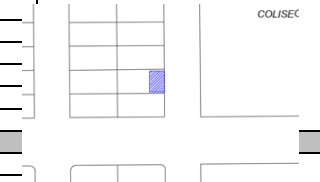
PRESUPUESTO – MÓDULO DE VIVIENDA PROGRESIVA	
Costo normal de Construcción	S/. 88 304,28
Costo con la adición de Relave	S/. 71 577,19
Diferencia	S/. 16 727,09

El ahorro conseguido haciendo la sustitución equivalente a 16,74 m³ (del total de 94,53 m³ de concreto utilizado) de relave en la dosificación de preparación del concreto según los requerimientos necesarios en las principales partidas que utilizan concreto permiten un ahorro de S/. 16 727,09, cifra que equivale al 18,94 % del presupuesto total de la vivienda, aproximándose hasta el 20 % por otras partidas que usan concreto en menor proporción (según las especificaciones de la obra a realizar). Asimismo, cabe resaltar que se podría tener un mayor porcentaje de ahorro si se considera incluir el relave en otros elementos constructivos, tal es el caso de los ladrillos de concreto.

Anexo 8:

FICHA DE CATALOGACIÓN DE VIVIENDAS				
Datos del Evaluador:	Bach. Hugo Enrique Canahua Sosa	Fecha:	22/07/22	
Entidad Responsable:		Universidad Católica de Santa María		
I. IDENTIFICACIÓN				
Nombre:	Gregoria Collque Chipana			
Departamento:	Tacna			
Distrito:	Jorge Basadre			
Centro Poblado:	Pampa Sitana			
Dirección:	Calle Aricota			
Número de manzana:	L			
Número de predio:	11			
II. ORIGEN				
Siglo/periodo:	2001			
Diseñador:	ingeniero Civil			
Constructor:	Construcción Informal			
Uso original:	Vivienda			
III. INFORMACIÓN ARQUITECTÓNICA		VI. REGISTRO FOTOGRAFICO		
Materialidad	Construcción en concreto	X		
	Construcción en madera			
	Construcción en adobe			
	Construcción con esteras			
Clasificación Tipológica	Arquitectura	Arquitectura Religiosa		
		Arquitectura Habitacional		X
		Arquitectura militar		
		Arquitectura institucional		
		Arquitectura de comercio		
	Urbano	Conjunto arquitectónico		
		Sectores urbanos		
Arqueológico	Espacios públicos			
Datos de la Edificación	Área del terreno:	200 m2		
	Área construida:	130 m2		
	Niveles de la edificación:	2		
Grado de Consolidación	Etapa Inicial o de Apropiación			
	Etapa de Asentamiento			
	Etapa de Zonificación	X		
	Etapa de Diversificación			
Valor Arquitectónico	Tipológico	Arquetipo		
		Prototipo	X	
IV. DATOS DEL USUARIO		VII. PLANOS		
Tipología Familiar	Familia sin hijos:			
	Familia Biparental con hijos	X		
	Familia Homoparental			
	Familia Reconstituída			
	Familia Monoparental			
Familia Extensa				
Grupo Etario	Bebés			
	Niños	2		
	Adolescentes	1		
	Adultos	2		
	Ancianos			
Número de habitantes:			5	

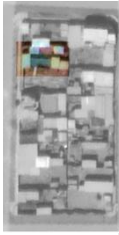
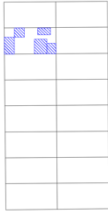

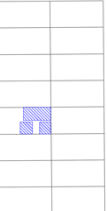

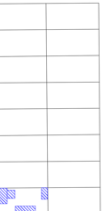

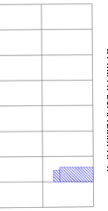
FICHA DE CATALOGACIÓN DE VIVIENDAS

Datos del Evaluador:	Bach. Hugo Enrique Canahua Sosa	Fecha:	22/07/22	Entidad Responsable:	Universidad Católica de Santa María
I. IDENTIFICACIÓN			V. LOCALIZACIÓN		
Nombre:	Victor Coila Mamani				
Departamento:	Tacna				
Distrito:	Jorge Basasadre				
Centro Poblado:	Pampa Sitana				
Dirección:	Calle Aricota				
Número de manzana:	L				
Número de predio:	17				
II. ORIGEN					
Siglo/periodo:	2013				
Diseñador:	Módulo de vivienda				
Constructor:	Carpinteros				
Uso original:	Vivienda				
III. INFORMACIÓN ARQUITECTÓNICA			VI. REGISTRO FOTOGRÁFICO		
Materialidad	Construcción en concreto				
	Construcción en madera		X		
	Construcción en adobe				
	Construcción con esteras				
Clasificación Tipológica	Arquitectura	Arquitectura Religiosa			
		Arquitectura Habitacional	X		
		Arquitectura militar			
		Arquitectura institucional			
		Arquitectura de comercio			
		Conjunto arquitectónico			
Urbano	Sectores urbanos				
	Espacios públicos				
Arqueológico	Sitio arqueológico				
Datos de la Edificación	Área del terreno:	200 m2			
	Área construida:	50 m2			
	Niveles de la edificación:	1			
Grado de Consolidación	Etapa Inicial o de Apropiación				
	Etapa de Asentamiento				
	Etapa de Zonificación		X		
	Etapa de Diversificación				
Valor Arquitectónico	Tipológico	Arquetipo			
		Prototipo	X		
IV. DATOS DEL USUARIO					
Tipología Familiar	Familia sin hijos:				
	Familia Biparental con hijos				
	Familia Homoparental				
	Familia Reconstituída				
	Familia Monoparental		X		
Familia Extensa					
Grupo Etario	Bebés				
	Niños		2		
	Adolescentes				
	Adultos		1		
Ancianos					
Número de habitantes:		3			
					

FICHA DE CATALOGACIÓN DE VIVIENDAS				
Datos del Evaluador:	Bach. Hugo Enrique Canahua Sosa	Fecha:	22/07/22	
Entidad Responsable:		Universidad Católica de Santa María		
I. IDENTIFICACIÓN		V. LOCALIZACIÓN		
Nombre:				
Departamento:	Tacna			
Distrito:	Jorge Basadre			
Centro Poblado:	Pampa Sitana			
Dirección:	Calle Mirave			
Número de manzana:	F			
Número de predio:	5			
II. ORIGEN				
Siglo/periodo:	2012			
Diseñador:	Construcción Propia			
Constructor:	Construcción Propia			
Uso original:	Vivienda de paso - Invasión			
III. INFORMACIÓN ARQUITECTÓNICA		VI. REGISTRO FOTOGRÁFICO		
Materialidad	Construcción en concreto			
	Construcción en madera			
	Construcción en adobe			
Clasificación Tipológica	Construcción con esteras	X		
	Arquitectura	Arquitectura Religiosa		
		Arquitectura Habitacional		
		Arquitectura militar		
		Arquitectura institucional		
		Arquitectura de comercio		
	Conjunto arquitectónico			
Urbano	Sectores urbanos			
	Espacios públicos			
Arqueológico	Sitio arqueológico			
	Datos de la Edificación			
Área del terreno:	200 m ²			
Área construida:	25 m ²			
Grado de Consolidación	Niveles de la edificación:			
	Etapa Inicial o de Apropiación	X		
	Etapa de Asentamiento			
	Etapa de Zonificación			
Valor Arquitectónico	Etapa de Diversificación			
	Tipológico	X		
	Prototipo			
IV. DATOS DEL USUARIO		VII. PLANTA ESQUEMÁTICA		
Tipología Familiar	Familia sin hijos:	X		
	Familia Biparental con hijos			
	Familia Homoparental			
	Familia Reconstituída			
	Familia Monoparental			
Grupo Etario	Familia Extensa			
	Bebes			
	Niños			
	Adolescentes			
	Adultos			
	Ancianos			
Número de habitantes:				

FICHA DE CATALOGACIÓN DE VIVIENDAS				
Datos del Evaluador:	Bach. Hugo Enrique Canahua Sosa	Fecha:	22/07/22	
Entidad Responsable:		Universidad Católica de Santa María		
I. IDENTIFICACIÓN		V. LOCALIZACIÓN		
Nombre:				
Departamento:	Tacna			
Distrito:	Jorge Basadre			
Centro Poblado:	Pampa Sitana			
Dirección:	Calle Ilabaya			
Número de manzana:	H			
Número de predio:	6			
II. ORIGEN				
Siglo/periodo:	1998			
Diseñador:	Construcción propia			
Constructor:	Construcción propia			
Uso original:	Vivienda de paso			
III. INFORMACIÓN ARQUITECTÓNICA		VI. REGISTRO FOTOGRÁFICO		
Materialidad	Construcción en concreto			
	Construcción en madera			
	Construcción en adobe	X		
	Construcción con esteras			
Clasificación Tipológica	Arquitectura	Arquitectura Religiosa		
		Arquitectura Habitacional		X
		Arquitectura militar		
		Arquitectura Institucional		
		Arquitectura de comercio		
	Conjunto arquitectónico			
Urbano	Sectores urbanos			
	Espacios públicos			
Arqueológico	Sitio arqueológico			
Datos de la Edificación	Área del terreno:	200 m ²		
	Área construida:	45 m ²		
Grado de Consolidación	Niveles de la edificación:	1		
	Etapa Inicial o de Apropiación			
	Etapa de Asentamiento	X		
	Etapa de Zonificación			
Valor Arquitectónico	Etapa de Diversificación			
	Tipológico	X		
	Prototipo			
IV. DATOS DEL USUARIO		VII. PLANTA ESQUEMÁTICA		
Tipología Familiar	Familia sin hijos:	X		
	Familia Biparental con hijos			
	Familia Homoparental			
	Familia Reconstituída			
	Familia Monoparental			
	Familia Extensa			
Grupo Etario	Bebes			
	Niños			
	Adolescentes			
	Adultos			
	Ancianos	X		
Número de habitantes:		1		

Anexo 9: Tipología de viviendas en Pampa Sitana

MATRIZ DE REGISTRO DE CAMPO		MATRIZ DE ANÁLISIS TIPOLOGICO									
MUESTRAS DE VIVIENDAS A ANALIZAR		MATRIZ DE ANÁLISIS TIPOLOGICO									
Núm.	Registro Fotográfico	Diagrama de Estructura	Tipo de Crecimiento	Organización	Densidad	Patio	Elemento jerarquizador	Organístico	Área libre		
			Horizontal	Vertical	Ordenado	Desordenado	Condensada	Dispersa	Menor al 50%	Mayor al 50%	
4			El crecimiento se presenta de forma horizontal, sin importar los niveles de la vivienda			El crecimiento es de manera desordenada ya que surgen espacios muertos y de difícil acceso		La densidad está totalmente dispersa, esparcida sin ningún criterio jerárquico			El área libre de la vivienda es menor al 50%, pero no parece ser solamente el área restante de construcción sin uso aparente
3			El crecimiento se presenta de forma horizontal, sin importar los niveles de la vivienda		El crecimiento se presenta de forma ordenada, dejando un gran retiro para asentarse en la parte trasera		La densidad se encuentra condensada dentro de un bloque trasero de vivienda		La vivienda tiene como elemento jerárquico el lindero trasero que ya se encontraba construido		El área libre de la vivienda es menor al 50%, sin embargo se encuentra muy bien definida en la parte frontal del predio
2			El crecimiento se presenta de forma horizontal, sin importar los niveles de la vivienda			El crecimiento se presenta de forma no tan ordenada, sin organización aparente		La densidad se encuentra dispersa en varios bloques dentro del terreno	La vivienda tiene como elemento jerárquico dos patios, uno delantero y uno trasero, se presume que tiene un uso diferente		El área libre dentro de la vivienda es mayor al 50% y está organizada en dos sectores
1			El crecimiento se presenta de forma horizontal, sin importar los niveles de la vivienda		Se percibe que el crecimiento de la vivienda se ha dado de una manera ordenada hacia uno de los linderos		La densidad de la vivienda se encuentra muy bien condensada en un bloque con forma de "L"		La vivienda por su disposición se encuentra organizada por un patio central contenido en la forma del bloque		El área libre en esta vivienda es superior al 50% y se encuentra muy bien organizada

Anexo 10: Materialidad y técnicas constructivas

TÉCNICAS CONSTRUCTIVAS		MODALIDAD DE CONSTRUCCIÓN		ALTURA DE EDIFICACIÓN		OBSERVACIONES
Variables presentes en Pampa Sitana		Tradicional	Modular	Auto constr.	1 Nivel	
CONCRETO	Albañilería armada	15%				
	Albañilería confinada	25%	X			X
	Albañilería mixta	60%				X
MADERA	Entramado	0%		X		
	Contralaminado	100%				X
ADOBE	Adobetradicional	100%		X		
	Adobeestabilizado	0%				
ESTERAS	Cobertura	100%		X		

ANÁLISIS DE LOS MÉTODOS DE CONSTRUCCIÓN Y MATERIALIDAD PRESENTE EN PAMPA SITANA

Materialidad de las Viviendas

- Concreto
- Esteras
- Madera
- Adobe

TÉCNICAS CONSTRUCTIVAS		MODALIDAD DE CONSTRUCCIÓN		ALTURA DE EDIFICACIÓN		OBSERVACIONES
Variables presentes en Pampa Sitana		Tradicional	Modular	Auto constr.	1 Nivel	
CONCRETO	Albañilería armada	15%				
	Albañilería confinada	25%	X			X
	Albañilería mixta	60%				X
MADERA	Entramado	0%		X		
	Contralaminado	100%				X
ADOBE	Adobetradicional	100%		X		
	Adobeestabilizado	0%				
ESTERAS	Cobertura	100%		X		

OBSERVACIONES

El gran porcentaje de viviendas que se encuentran construidas con concreto, usan albañilería mixta, se presume que sea propio del desarrollo por fases que van teniendo las viviendas. Aun así destaca como el material y sistema constructivo predominante.

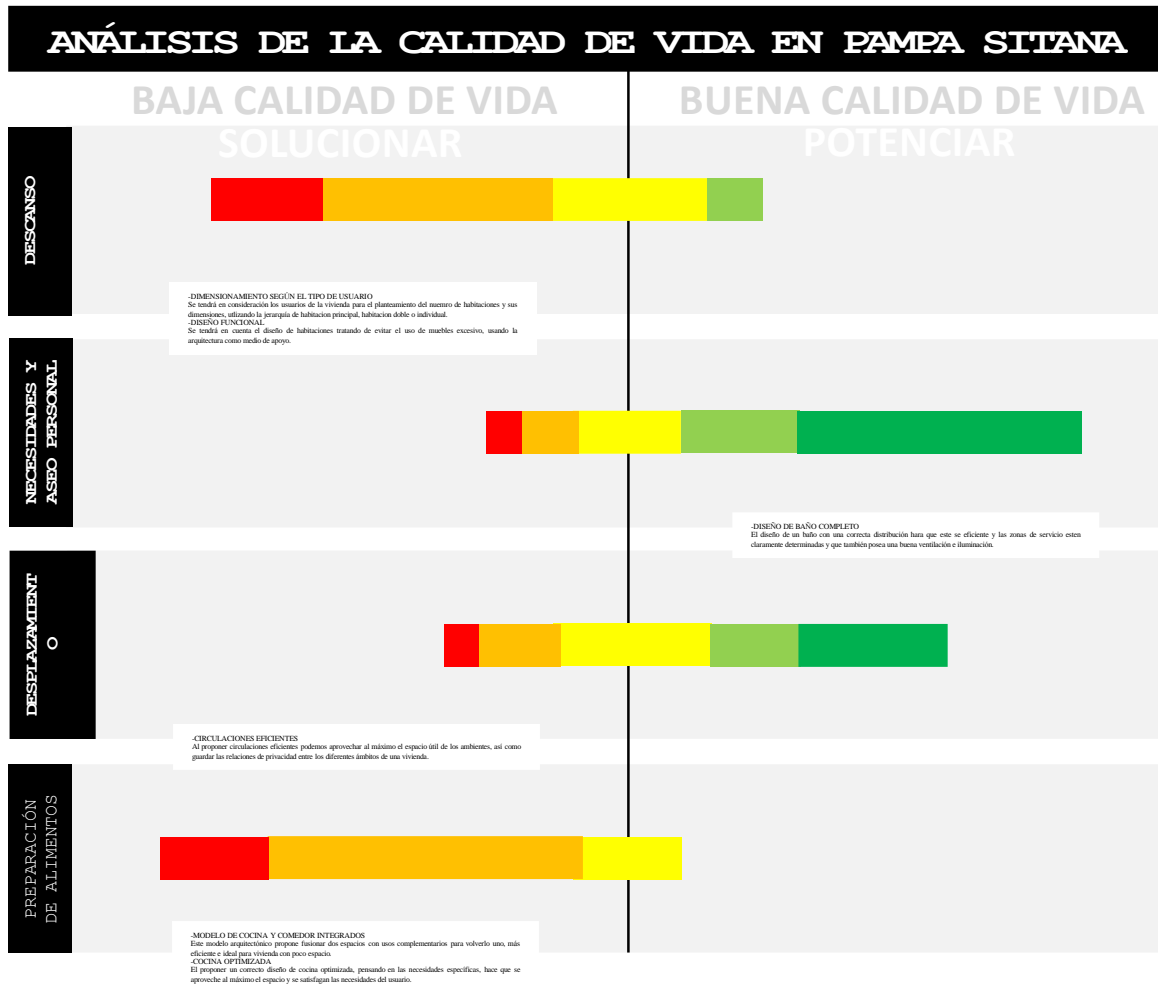
La totalidad de viviendas construidas en madera son estructuras modulares ya prefabricadas, los usuarios no hacen ninguna expansión a estas lo que limita su uso.

Las viviendas que se encuentran construidas con adobe son las que más deterioradas se encuentran y no muestran una habilidad activa.

Solo se usa como cerramiento, se apoya en otro tipo de construcción.

FICHA DE EVALUACIÓN DE MATERIALIDAD Y TÉCNICAS CONSTRUCTIVAS
 MAPEO DE LA MATERIALIDAD PRESENTE EN PAMPA SITANA

Anexo 11:



Anexo 12: Determinación del índice de puzolanicidad

ESTUDIO DE RELAVE MINERO POZA DE QUEBRADA ONDA -TOQUEPALA

GENERALIDADES

El presente estudio tiene como objetivo la utilización del Relave Minero de Quebrada Onda - Toquepala en el sector de construcción (cementos, concreto) o cualquier otro rubro industrial (cerámico) que puede usar el mismo.

El darle un uso a este relave será un *gran valor ambiental* para la empresa que genera el mismo y el usuario final.

Lo primero que se tiene que hacer es caracterizar el relave (por Fluorescencia de Rayos X - FRX) para lo cual se empleó un equipo ARL ThermoFisher.

Luego de contar con los resultados (óxidos) se definirá su posible uso en el rubro cementero en 3 puntos: materia prima para la formulación de crudos – Clinker , combustible alternativo , como adición en cementos.

CARACTERIZACIÓN DEL RELAVE MINERO TOQUEPALA

RELAVE MINERO	
ANÁLISIS QUÍMICO	
CaO	5.68
SiO ₂	60.44
Al ₂ O ₃	16.30
MgO	1.45
Fe ₂ O ₃	3.52
SO ₃	0.00
K ₂ O	3.90
Na ₂ O	1.19
LOI	4.2
% Humedad	12.38

PUZOLANA NATURAL	
ANÁLISIS QUÍMICO	
CaO	1.14
SiO ₂	71.50
Al ₂ O ₃	12.62
MgO	0.31
Fe ₂ O ₃	1.08
SO ₃	4.17
K ₂ O	3.49
Na ₂ O	0.20
LOI	2.91
% Humedad	3.5



Según los resultados obtenidos por FRX, presenta un % de SiO₂ aceptable, el elevado % de Al₂O₃ puede inferir una propiedad arcillosa.

Para determinar alguna opción de uso como adición en cementos adicionados de este relave ; se debe determinar la actividad puzolanica.

Para validar esta opción se tiene que determinar la actividad puzolanica (índice de actividad) de esta muestra determinada por el Método Cemento Portland Tipo I, según NTP.334.051.

Tabla 4 - Requisitos para la puzolana a utilizar en cementos adicionados y para la escoria a utilizar en cemento Pórtland con escoria de alto horno Tipo IS (< 25) y cemento adicionado ternario Tipo IT(S<25)

Puzolana y Escoria, según sea aplicable	Método de ensayo aplicable	Requisitos
Finura: Cantidad retenida en tamizado por vía húmeda en tamiz 45 μm (No 325), máx. %	NTP 334.045	20,0
Índice de actividad con cemento Pórtland, a 28 días, mín. %	Véase Anexo A1	75,0
Pérdida por calcinación, máx. %		
Puzolana natural	NTP 334.127	10,0
Ceniza volante		6,0
Microsilice		6,0

La muestra de relave mineral evaluada cumple el valor de Perdida por Calcinación o LOI (**4.2%**) de la puzolana que es 10% máximo.

DETERMINACIÓN DE LA ACTIVIDAD PUZOLANICA

La puzolana para poder ser usada como adición puzolanica en cementos adicionados, debe cumplir con **un valor del 75% de actividad puzolanica** según la NTP. 334.066.

En la muestra de Relave enviada para su análisis los resultados fueron:

Resistencias en Kgf/cm2			Actividad Puzolanica en %
Patron Cemento Tipo I	100	70	
Relave minero	0	30	
Fluidez	110	91	
R7 días	366	241	66
R28 días			

Según el resultado de actividad puzolanica evaluado del relave minero, **NO cumple la exigencia mínima que es el 75%**

El relave presenta un comportamiento arcilloso lo que hace que la fluidez y resistencias del cemento bajen, esto debido a su alto % de Al₂O₃ (mayor al 14%).

Los ensayos de FRX , determinación de la actividad puzolanica y otros , fueron realizados en los Laboratorios de Control de Calidad de Ultracem de Colombia y Mixercon de Lima – Perú.

Considerando los resultados obtenidos se recomienda una activación térmica del relave para incrementar su actividad puzolánica (>75%) de tal forma que permita su utilización en la formulación de cementos adicionados.

La muestra obtenida por la activación térmica se debe de evaluar:

1. Determinación de óxidos por FRX.
2. Determinación de la actividad puzolánica.

Una vez que el relave minero haya sido determinado su actividad puzolánica luego de su actividad térmica y cumpla lo especificado según la NTP.334.051, se pasaría a la formulación a nivel de Laboratorio de Cementos adicionados.

El cemento obtenido a nivel de laboratorio debe cumplir lo especificado según la NTP.334.082.

CONCLUSIONES

- La muestra de relave minero, fue caracterizado por FRX (Fluorescencia de Rayos X) para evaluar su composición química .
- La actividad puzolánica, según la NTP.334.051 , para que una adición sea viable su uso en cementos adicionados debe ser del 75%.
- En el caso puntual de la muestra de relave su actividad puzolánica fue del 66% , incumpliendo su valor mínimo normado.
- El relave tiene un comportamiento arcilloso (alto % de Al_2O_3) dificultando su uso directo en la formulación de cementos adicionados.
- Se sugiere la activación térmica (calcinación a $700-750\text{ }^{\circ}\text{C}$) del relave para incrementar su valor puzolánico .
- Una vez que el relave minero cumpla los valores normados de actividad puzolánica, se puede pasar a formular cementos adicionados regidos por la NTP.334.082.
- Las mejoras obtenidas en su uso en concreto directo, se debe a la reacción inicial del cemento usado en la formulación del concreto mas no al relave minero (el aporte de las resistencias de las adiciones o materiales cementantes se da a partir de los 7 días de ensayo hacia adelante).

BBLIOGRAFIA

- NTP. 334.090. Cementos Portland Adicionados.
- NTP. 334.082. Cementos Portland por Desempeño.
- Manual de Cementos.
- Revistas de Materiales de Construcción. ICSIC España.
- Curso de Química del Cemento FLSMidth – Colombia 2020.



Ing. Javier Valdez Chambi
CIP 108749

Arequipa, 25 de Abril del 2023