



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA



**VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN, INNOVACIÓN Y TRANSFERENCIA DE
TECNOLOGÍA**

CENTRO DE POSGRADOS

MAESTRÍA DE INVESTIGACIÓN EN INGENIERÍA CIVIL MENCIÓN

ESTRUCTURAS

**“CARACTERIZACIÓN FÍSICO – MECÁNICA Y EVALUACIÓN ESTRUCTURAL DE PANELES
ELABORADOS A BASE DE PAJA DE ARROZ, A EMPLEARSE EN EDIFICACIONES DE
HASTA 3 PISOS”**

TRABAJO DE TITULACIÓN

AUTOR:

ING. HENRY ANDERSON RAMOS RODRIGUEZ

DIRECTORA:

ING. LUISA PAULINA VIERA ARROBA MSc.

SANGOLQUÍ - 2023

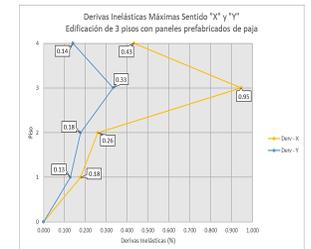
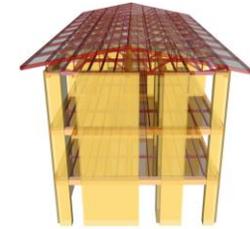
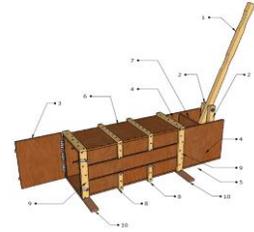




CONTENIDO

Centro de Posgrados
Universidad de las Fuerzas Armadas-ESPE

1. ANTECEDENTES
2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA
3. JUSTIFICACIÓN Y OBJETIVOS
4. MARCO TEÓRICO
5. RECOLECCIÓN DE LA PAJA DE ARROZ
6. CONSTRUCCIÓN MÁQUINA ENFARDADORA
7. PROPIEDADES FÍSICO MECÁNICAS DE FARDOS CON PAJA DE ARROZ
8. DISEÑO Y PROPIEDADES FISICO – MECÁNICAS DEL MORTERO
9. DISEÑO Y PROPIEDADES FÍSICO – MECÁNICAS DE PANELES
10. EVALUACIÓN ESTRUCTURAL DE PANELES EN EDIFICACIONES DE 3 PISOS
11. ANÁLISIS ECONÓMICO COMPARATIVO
12. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA





1. ANTECEDENTES

Centro de Posgrados
Universidad de las Fuerzas Armadas-ESPE



Deficiente:
Calidad de materiales
Técnicas Constructivas

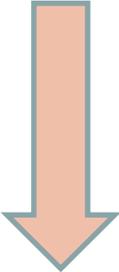


Materiales Alternativos

Cal

Arcilla

Paja



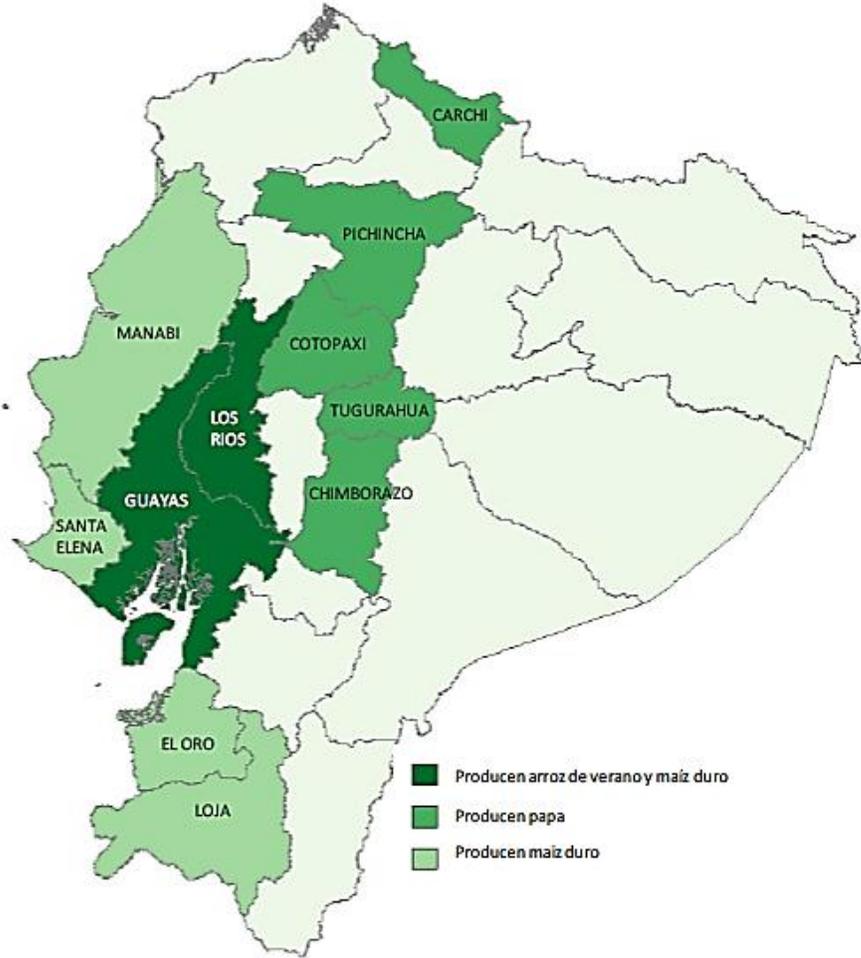
ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA





1. ANTECEDENTES

Centro de Posgrados
Universidad de las Fuerzas Armadas-ESPE



Guayas:
128 300 ha de arroz

Los Ríos:
35 591 ha de arroz

GENERACIÓN DE DESECHO AGROINDUSTRIAL



¿USO?





1. ANTECEDENTES

Centro de Posgrados
Universidad de las Fuerzas Armadas-ESPE

LA PAJA EN LA CONSTRUCCIÓN



¿ES CONVENIENTE SU USO?





1. ANTECEDENTES

Centro de Posgrados
Universidad de las Fuerzas Armadas-ESPE

LA PAJA EN LA CONSTRUCCIÓN

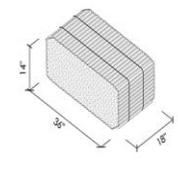


DEBE SER ENFARDADA

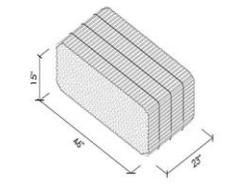


PROPIEDADES

- ✓ Densidad Aparente
- ✓ Contenido de Humedad
- ✓ Densidad Aparente Corregida
- ✓ Dimensiones



TWO-STRING BALE



THREE-STRING BALE



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA





1. ANTECEDENTES

Centro de Posgrados
Universidad de las Fuerzas Armadas-ESPE

LA PAJA EN LA CONSTRUCCIÓN

ENFARDADA



Aislamiento térmico

Aislamiento acústico

Alta resistencia al fuego

Conductividad y transmitancia

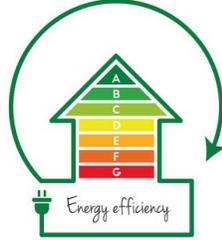


POR LO TANTO

Materiales:
Paja + Cal + Madera + Perlita



Construcciones sostenibles



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS

INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA





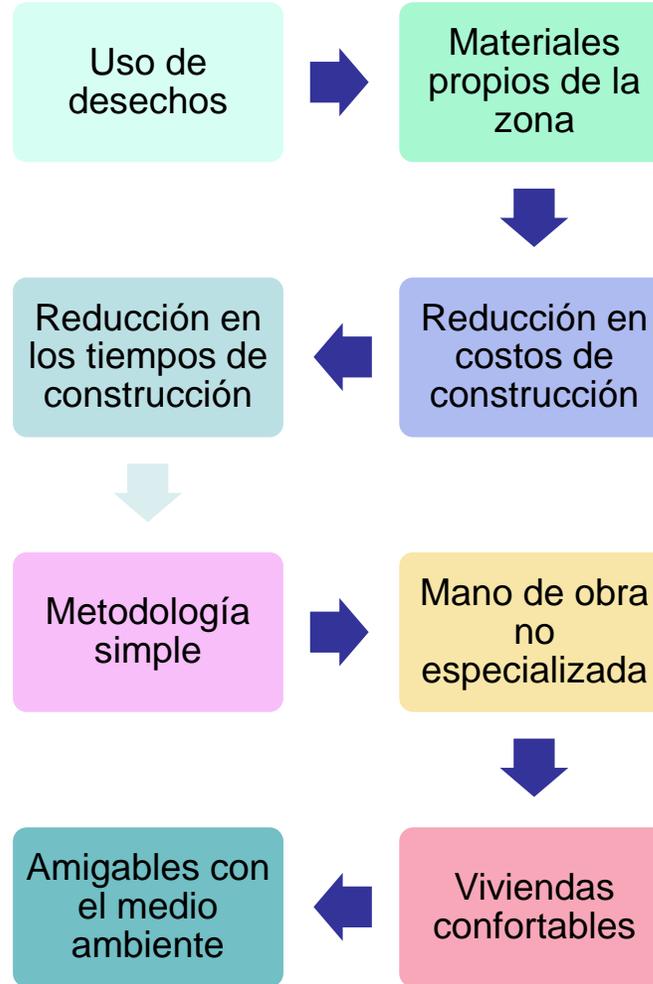
1. ANTECEDENTES

Centro de Posgrados
Universidad de las Fuerzas Armadas-ESPE

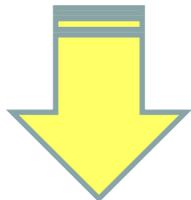
EDIFICACIONES CON PAJA



MÁS DE 100 AÑOS



CRECIMIENTO



- ✓ **NORMATIVAS, CÓDIGOS**
- ✓ **NUEVOS SISTEMAS CONSTRUCTIVOS**



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA





1. ANTECEDENTES

Centro de Posgrados
Universidad de las Fuerzas Armadas-ESPE

SISTEMAS CON PAJA

Sistema Nebraska



Sistema Poste - Viga



Sistema CUT O CST



Sistema GREB



Sistema con Paneles prefabricados



Paja + marcos de madera



Recubrimiento



CARACTERIZACIÓN DE MATERIALES





1. ANTECEDENTES

EMPRESAS – PANELES PREFABRICADOS



Estructura en BALABOX

compuesta de:

BALABOX 90

BALABOX 55

BALABOX 35

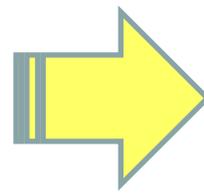


PAISES



Composición:
89% de Paja
10% de Madera
1% Cal, Cemento, Arcilla

modcell®
straw technology

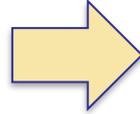


Ecococon:
Más de 20 000 m²
Capturando más de 1500 ton métricas de CO₂

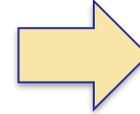


2. PLATEAMIENTO DEL PROBLEMA

Contaminación ambiental



Crecimiento Poblacional



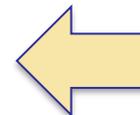
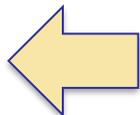
Mayor demanda de viviendas



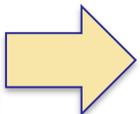
Transformación hacia una construcción sostenible

Explotación de recursos no renovables

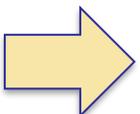
Industria Construcción



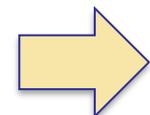
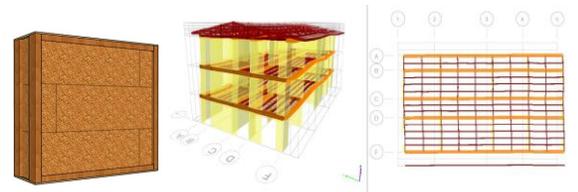
Nuevas alternativas sobre el uso de materiales



Gran cantidad de biomasa, quemada y desechada



Análisis experimentales, analíticos



Nuevos sistemas constructivos

Valorizar la actividad agrícola

Alternativa de sostenibilidad



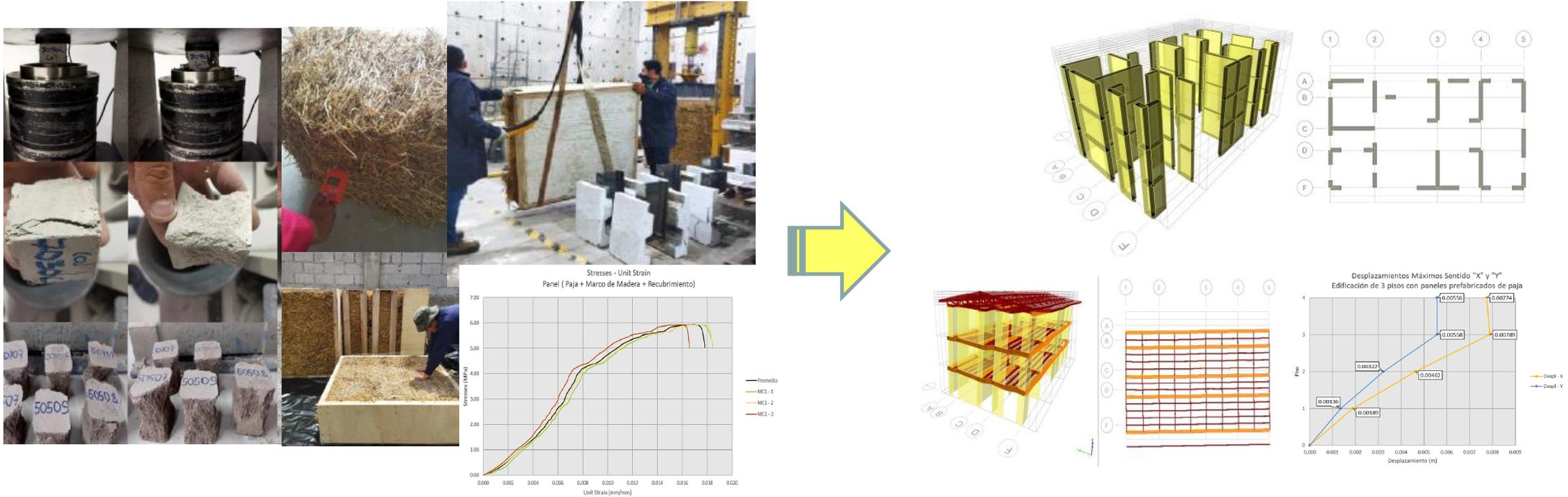


3. OBJETIVOS Y JUSTIFICACIÓN

OBJETIVO GENERAL

1.

Determinar las características físico-mecánicas, evaluación estructural de paneles tipo sándwich conformados por fardos de paja de arroz, marcos de madera y mortero para ser utilizados en edificaciones de hasta 3 pisos.





3. OBJETIVOS Y JUSTIFICACIÓN

OBJETIVO ESPECÍFICOS

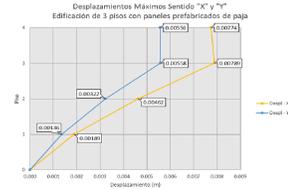
1. Construir una máquina enfardadora manual para la fabricación de fardos con paja de arroz.
2. Caracterizar mediante pruebas de laboratorio los materiales utilizados para la elaboración de los paneles tipo sándwich como la paja de arroz, cemento, agregados finos y materiales que garanticen las propiedades del mortero utilizado para el revocado de los mismos.
3. Diseñar la dosificación óptima del mortero utilizado para revocar las paredes externas del panel con fardos de paja de arroz, mediante pruebas de laboratorio que garanticen la resistencia requerida para fines de esta investigación.
4. Determinar mediante ensayos de laboratorio la resistencia a compresión, módulo de elasticidad, resistencia a compresión diagonal y módulo de rigidez de paneles tipo sándwich conformados por fardos de paja de arroz, marcos de madera, y mortero para su revocado.
5. Realizar un análisis modal espectral mediante el uso de un software que permita evaluar el comportamiento estructural de los paneles a base de paja de arroz para utilizarse en edificaciones de hasta 3 pisos de altura.
6. Desarrollar una evaluación económica comparativa de ediciones de hasta 3 pisos de altura construidas con paneles tipo sándwich de paja de arroz vs sistema tradicional aporcado de hormigón armado con mampostería.





3. OBJETIVOS Y JUSTIFICACIÓN

JUSTIFICACIÓN



Contaminación ambiental y agotamiento de recursos naturales

Afectaciones en el sismo del 2016

Estudio de nuevos materiales:
Paja de arroz:
370 406 Ha Cultivos
1 440 865 Ton Arroz
0.28% a nivel mundial

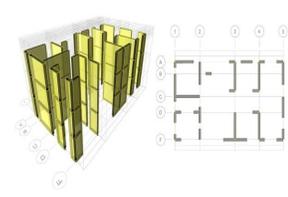
Guayas: 70.11%
Los Ríos: 24.14%
La paja es un verdadero problema:
Nulo como abono
Nulo para la alimentación y abono

La paja en estado natura no emite CO₂
Enfoque al ámbito agrícola a las construcciones sostenibles

Paja + Madera + Recubrimientos a base de cal (Penales prefabricados).
Creación de normas, códigos, especificaciones

Características físico – mecánicas de materiales

Estudios experimentales, analíticos, modelos computacionales





4. MARCO TEÓRICO

LA PAJA



En Ecuador tiene 1971 206 Ha de arroz y 1464 Ha de cebada

Por cada Ha de cereal se produce de 2.69 a 3.50 toneladas de paja

Aumenta su uso en la construcción, propiedades aislantes y durabilidad

European Straw Building Association, Francia, Alemania, EEUU, Canadá



El uso de este desecho incentiva a las construcciones sostenibles



Se la usa como alimento del ganado y abono



Se genera a partir de la cosecha de cereales



Cubrir el déficit de viviendas en las zonas rurales





4. MARCO TEÓRICO

LA PAJA EN LA CONSTRUCCIÓN

BENEFICIOS

- ✓ Costos de transporte adecuados
- ✓ Durabilidad de las edificaciones
- ✓ Promueve las autoconstrucciones
- ✓ Edificaciones amigables
- ✓ No emite CO₂ a la atmosfera
- ✓ Confort hidrotérmico
- ✓ Combustibilidad baja

ES POSIBLE SU USO EN LA CONSTRUCCIÓN



La paja para su uso en la construcción debe ser enfardada



FARDOS, PACAS O BALAS DE PAJA

TIPOS DE ENFARADORA



Mecánica para fardos rectangulares



Manual de prensa vertical para fardos rectangulares



Manual de prensa horizontal en madera



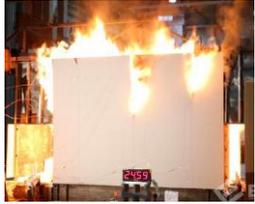
Mecánicas para fardos cilíndricos





4. MARCO TEÓRICO

PROPIEDADES DE LOS FARDOS



PUENDEN VARIAR

Posición de los fardos

Distribución de cargas en los muros

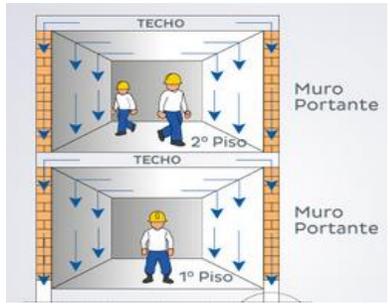
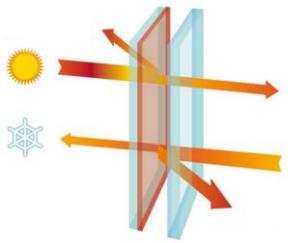
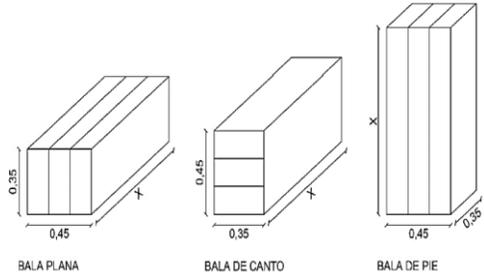
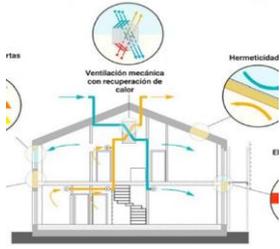
Revoco o recubrimiento



HUMEDAD



DENSIDAD





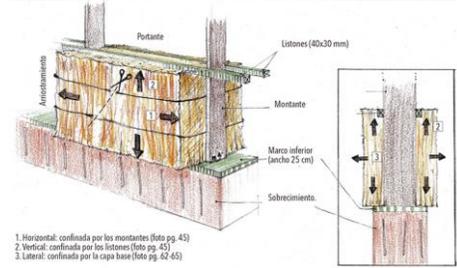
4. MARCO TEÓRICO

SISTEMAS CONSTRUCTIVOS CON FARDOS DE PAJA



NEBRASKA

- Sin marco estructural.
- Elemento perimetral.
- No se requiere de una técnica.



1. Horizontal: confinada por los montantes (foto pg. 43)
2. Vertical: confinada por los listones (foto pg. 43)
3. Lateral: confinada por la capa base (foto pg. 42, 45)

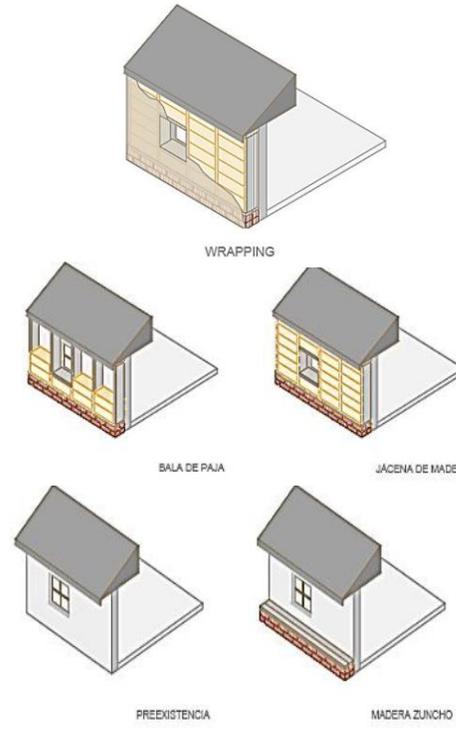
CST o CUT

- Entramado o estructura de madera.
- Primero la cubierta y después los muros.
- Montantes y listones



POSTE - VIGA

- Estructura de madera acero u hormigón.
- Paja no portante.
- Grandes aberturas y espacios.



WRAPPING

- Rehabilitación de estructuras.
- Mejorar eficiencia energética.
- Ampliación de cubiertas marcos puertas.



GREB

- Listones de madera a madera de pasillo
- Paja como material de relleno
- Encofrado de madera y vertido de hormigón



4. MARCO TEÓRICO

SISTEMAS CONSTRUCTIVOS – PANELES PREFABRICADOS



Fardos de paja



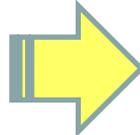
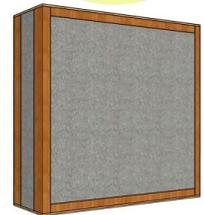
Marcos de madera



Mortero (recubrimiento o revoco)



Paneles prefabricados con paja de arroz



Resistentes, trabajables, bajo impacto



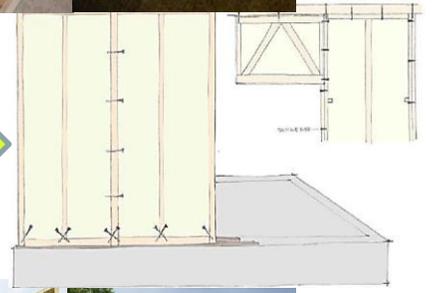
Construcción de paneles



Variedades de tamaños y forma



Sistema constructivo



Construcción rápida, manejo, versatilidad



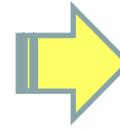


4. MARCO TEÓRICO

REVOCO O RECUBRIMIENTO DE PANELES



Recubrimiento o revoco



TIPOS DE REVOCO

Revocos a base de arcilla:
Edificaciones antiguas
Revoco interno
Tierra y fibras naturales

Revocos a base de cal:
Revoco interno y externo
Cal hidráulica natural
Fisuración con autocorrección
Permeabilidad

Revocos mixtos:
Cemento y cal
Alta resistencia
Precaución (Uso del cemento)



NORMATIVA

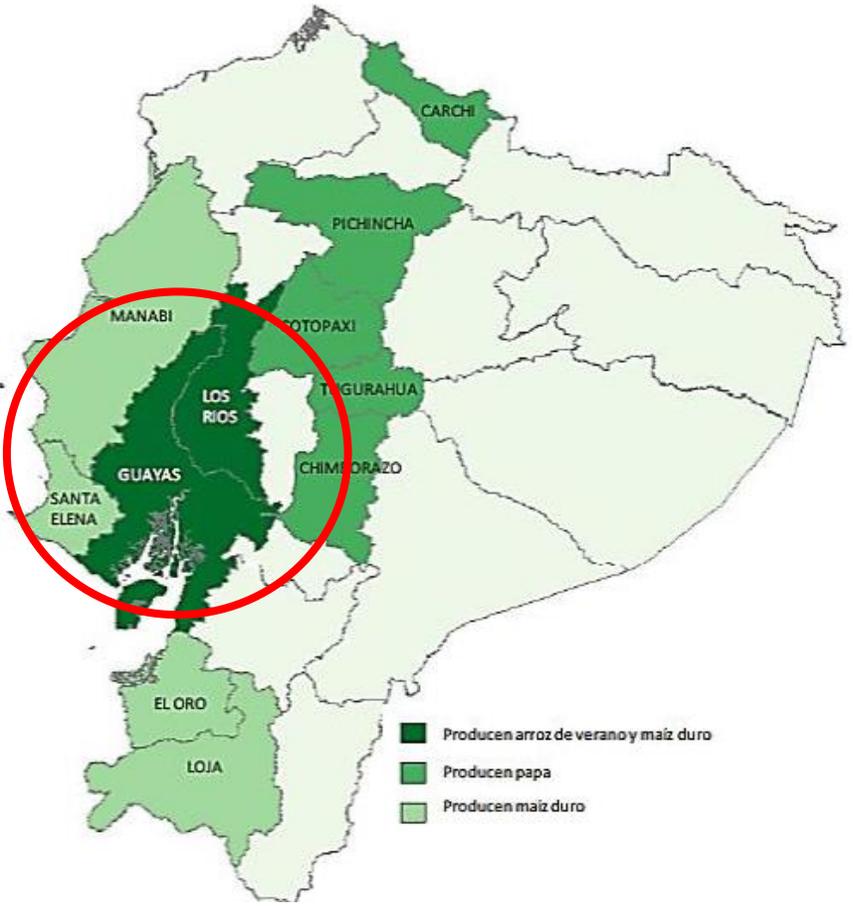




5. RECOLECCIÓN DE LA PAJA DE ARROZ

PROVINCIA DE LOS RÍOS

PRODUCCIÓN DE ARROZ EN ECUADOR



CANTÓN BUENA FE

Superficie:
569 km²



Población:
87 588 habitantes



Altitud:
162 m.s.n.m



Distancia:
131 Km a Quito





5. RECOLECCIÓN DE LA PAJA DE ARROZ

DOCUMENTACIÓN DE INFORMACIÓN



Época de siembra y cosecha del arroz (3 ciclos).



La paja después la cosecha del arroz.



Longitud de la paja recolectada.

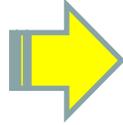




6. CONSTRUCCIÓN MÁQUINA ENFARDADORA MANUAL

DIMENSIONES FARDOS DE PAJA

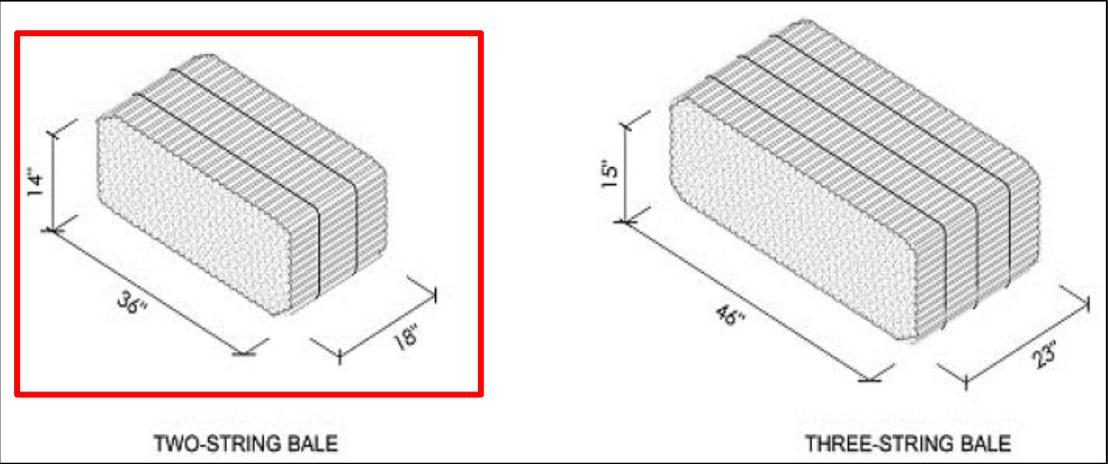
NORMATIVA



Dimensiones:
90 x 45 x 35 cm



PARÁMETROS DE SELECCIÓN





6. CONSTRUCCIÓN MÁQUINA ENFARDADORA MANUAL

MATERIALES

90% MADERA

10% ACERO

MATERIAL	UNIDAD	CANTIDAD
TABLÓN DE LAUREL 240 x 22.5 x 6 cm	u	3
TABLERO TRIPLEX 122 x 244 x 1.8 cm	u	3
TIRAS DE MADERA 600 x 6 x 2 cm	u	3
BISAGRA DE BRONCE 3"	u	3
PLACA DE ACERO BASE INFERIOR A36 200 x 100 x 2 mm	u	1
PLACA DE ACERO BASE SUPERIOR A36 200 x 100 x 5 mm	u	1
PLACA DE ACERO 1 - PANEL DE COMPRESIÓN A36 200 x 100 x 2 mm	u	1
PLACA DE ACERO 2 - PANEL DE COMPRESIÓN A36 200 x 100 x 5 mm	u	1
PERNO NEGRO CABEZA HEXAGONAL CON TUERCA 3"	u	3
PERNO NEGRO CABEZA HEXAGONAL CON TUERCA 3"	u	1
PERNO NEGRO CABEZA HEXAGONAL CON TUERCA 2 1/2 "	u	14
RODELA PLANA 1"	u	4
RODELA PLANA 1 1/2"	u	10
TORNILLO NEGRO MADERA 2 1/2"	u	70
CLAVOS DE ACERO LISO 1/2"	kg	1
SEGUROS DE ACERO	u	2
PEGAMENTO P/ MADERA CARPINTERO 16 OZ	u	1

Tableros contrachapados
122 x 244 x 1.8cm



Tablones de laurel
240 x 22.5 x 6 cm



Placas de acero A36



Pernos, tornillos, rodela, bisagras



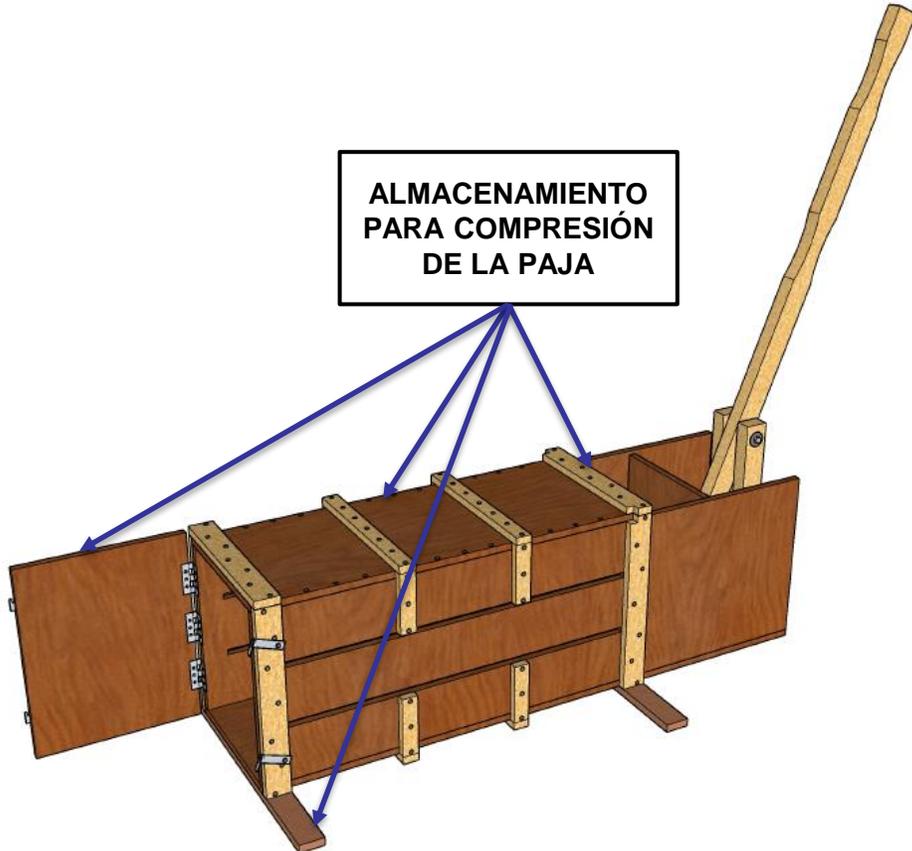


6. CONSTRUCCIÓN MÁQUINA ENFARDADORA MANUAL

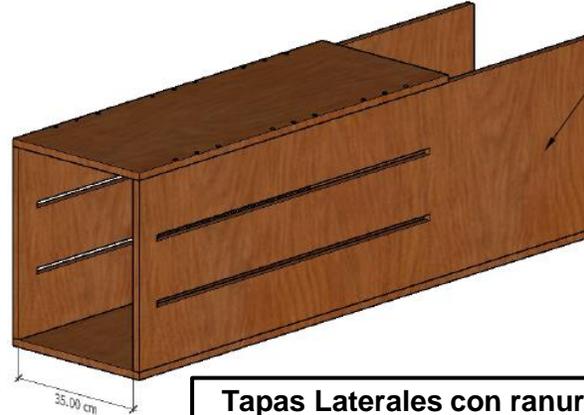
ESTRUCTURAS QUE CONFORMAN LA MÁQUINA

CAJÓN PRINCIPAL

ALMACENAMIENTO PARA COMPRESIÓN DE LA PAJA

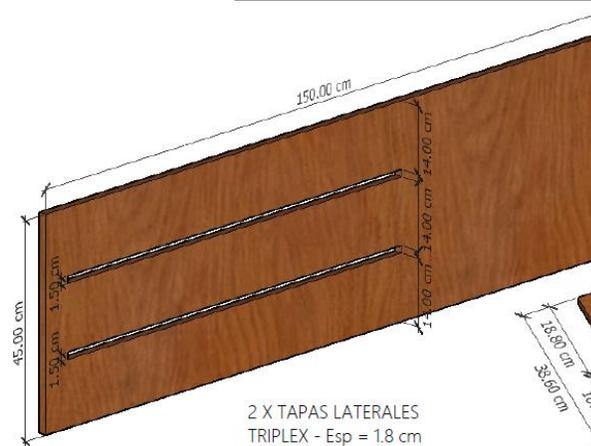


Tapa Superior sin ranura x 1:
102 x 38.60 cm



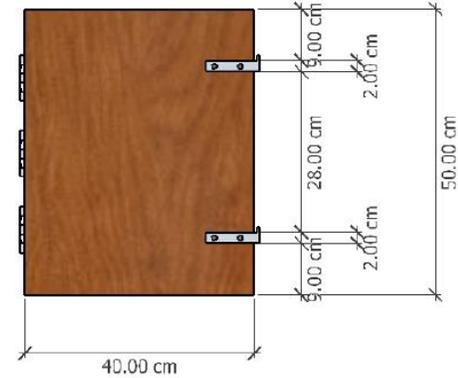
• ESTRUCTURA PRINCIPAL
Tapas laterales a una separación de 35 cm del borde interno

Tapas Laterales con ranura x 2:
150 x 45 cm

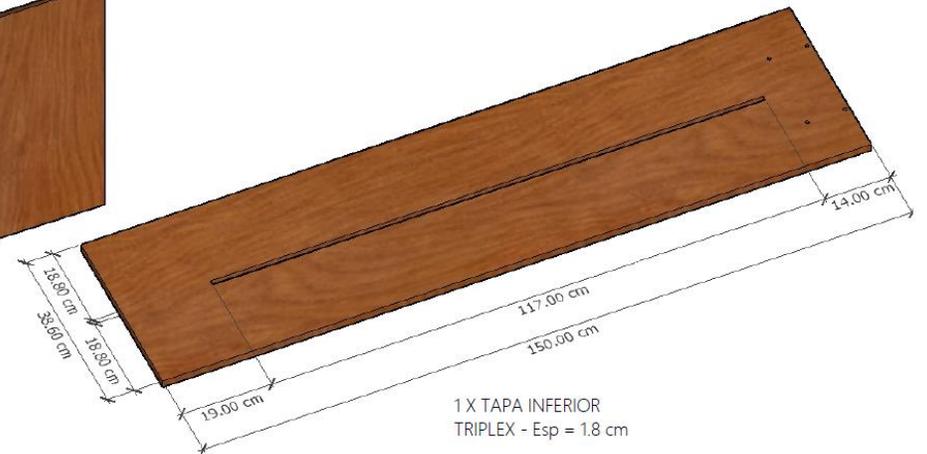


2 X TAPAS LATERALES
TRIPLEX - Esp = 1.8 cm

Puerta Principal x 1:
40 x 50 cm + 2 seguros



Tapas Inferior con ranura x 1:
150 x 38.60 cm



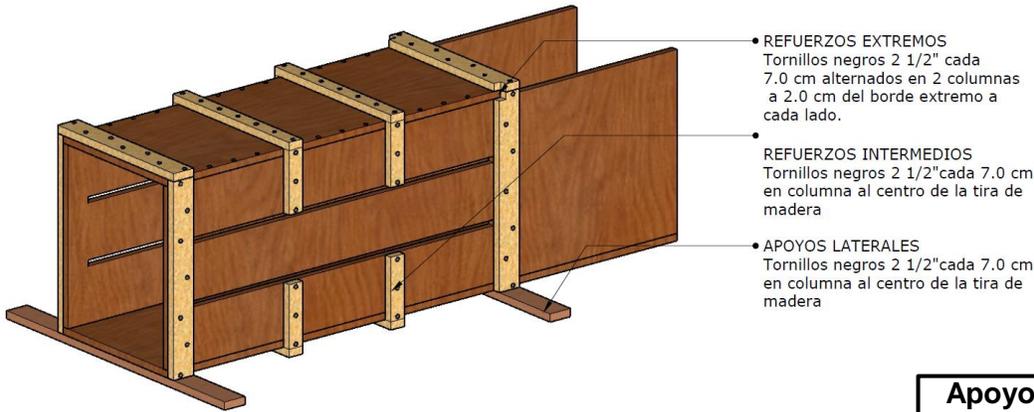
1 X TAPA INFERIOR
TRIPLEX - Esp = 1.8 cm



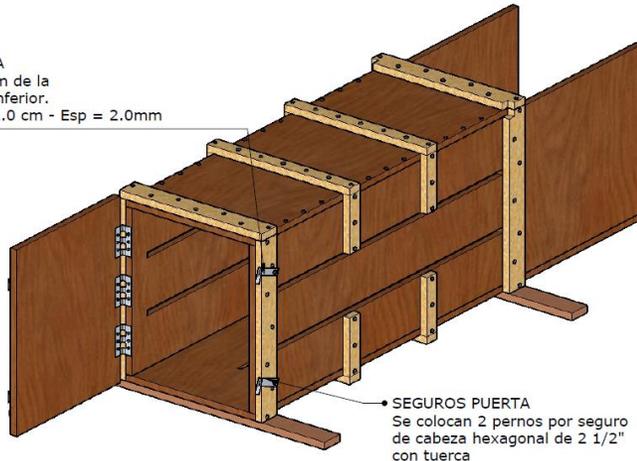
6. CONSTRUCCIÓN MÁQUINA ENFARDADORA MANUAL

ESTRUCTURAS QUE CONFORMAN LA MÁQUINA

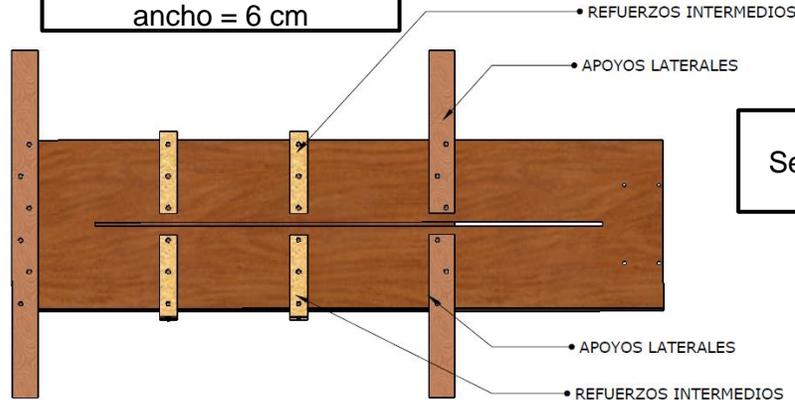
CAJÓN PRINCIPAL



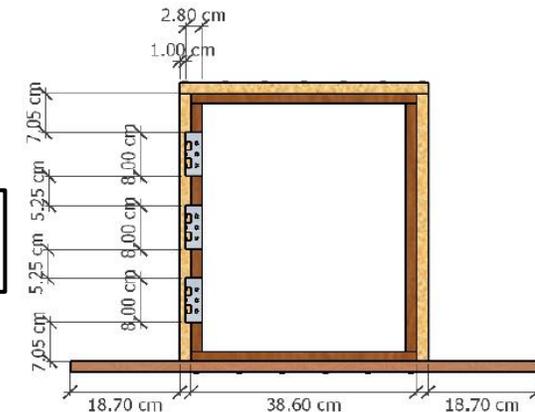
SEGUROS PUERTA
Se coloca a 9.0 cm de la parte superior e inferior.
Acero A36 7.5 x 2.0 cm - Esp = 2.0mm



Apoys Laterales x3 :
Separación @ 90 cm
ancho = 6 cm

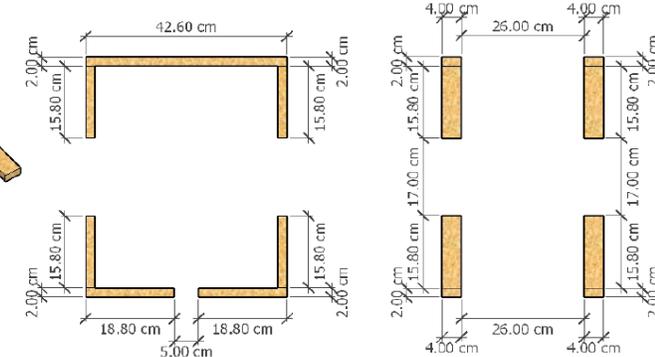
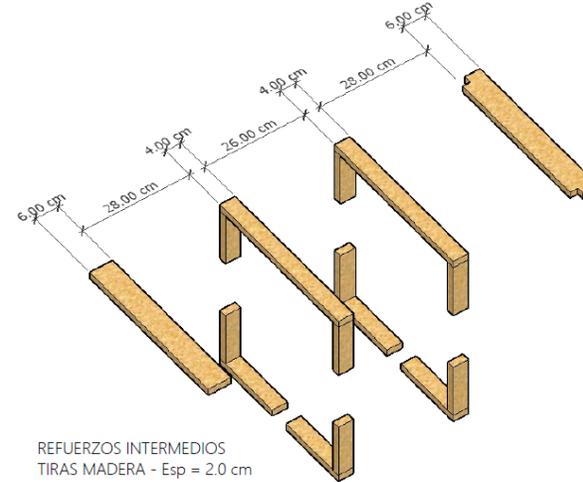


Bisagras x3 x3" :
Separación @ 5.25 cm
ancho = 2cm



BISAGRAS DE BRONCE 3"
PUERTA PRINCIPAL

Refuerzos Exteriores (tiras de madera 600 x 5 x 2 cm) + pegamento:
Separación @ 28cm ancho = 4cm Ext.
Separación @ 28cm ancho = 6cm Int.





6. CONSTRUCCIÓN MÁQUINA ENFARDADORA MANUAL

ESTRUCTURAS QUE CONFORMAN LA MÁQUINA

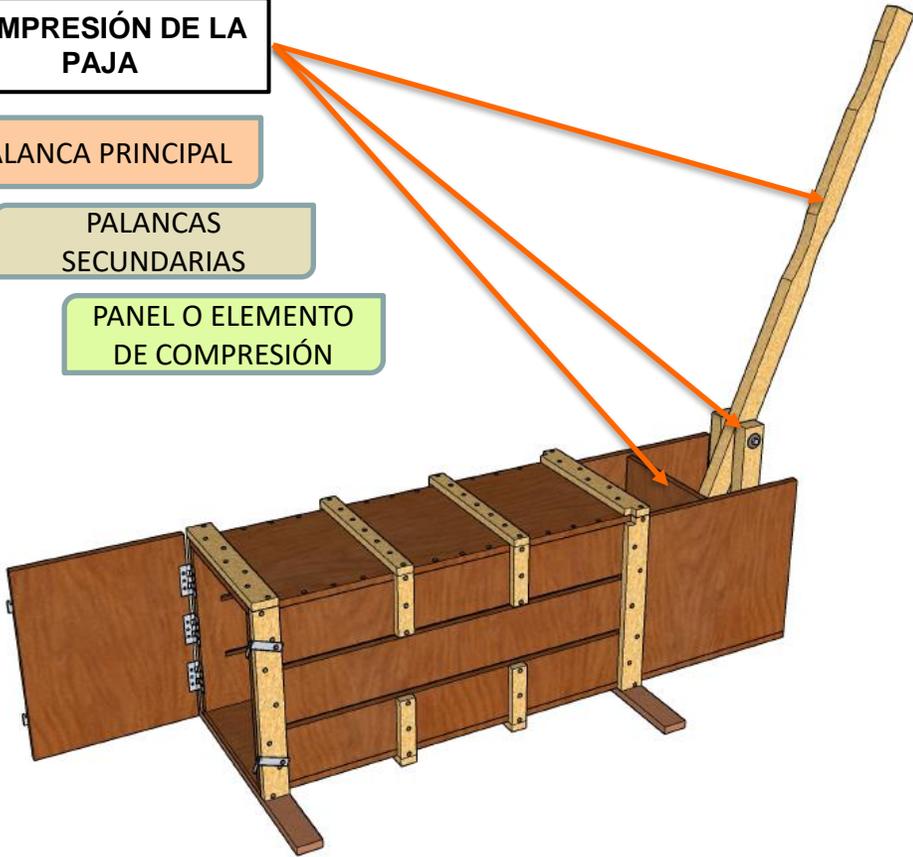
SISTEMA A COMPRESIÓN

COMPRESIÓN DE LA PAJA

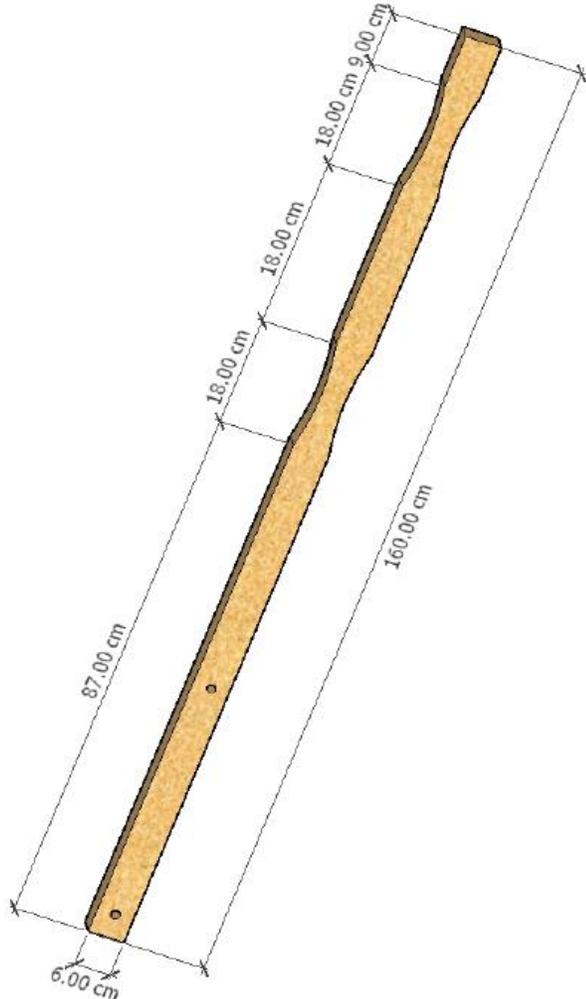
PALANCA PRINCIPAL

PALANCAS SECUNDARIAS

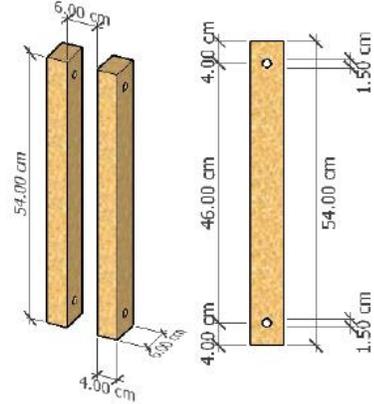
PANEL O ELEMENTO DE COMPRESIÓN



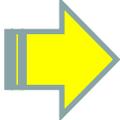
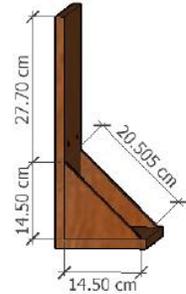
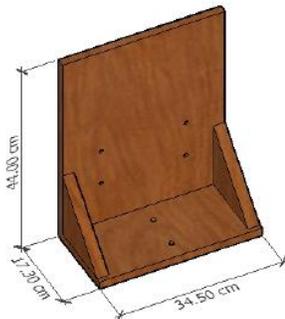
Palanca Principal x 1:
160 x 6 X 6 cm



Palancas Secundarias x 2:
54 x 4 x 6 cm



Panel de Compresión:
Pieza 1: 44 x 34.50 cm
Pieza 2: 17.30 x 34.50 cm
Pieza 3: 14.50 x 14.50 cm



SISTEMA MONOLÍTICO



6. CONSTRUCCIÓN MÁQUINA ENFARDADORA MANUAL

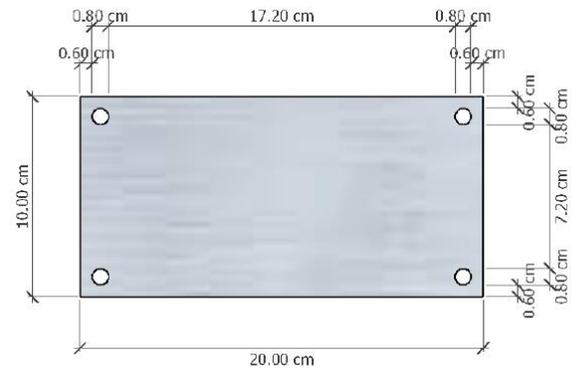
ESTRUCTURAS QUE CONFORMAN LA MÁQUINA

Detalle Posterior: Montaje

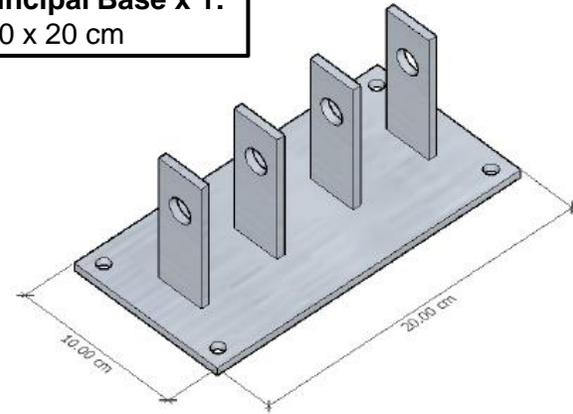
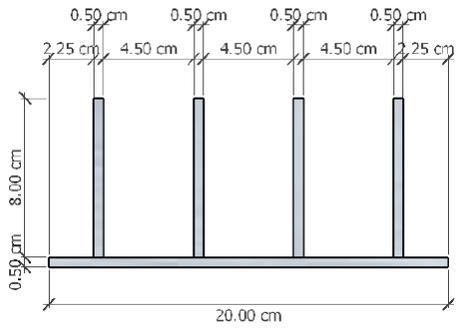
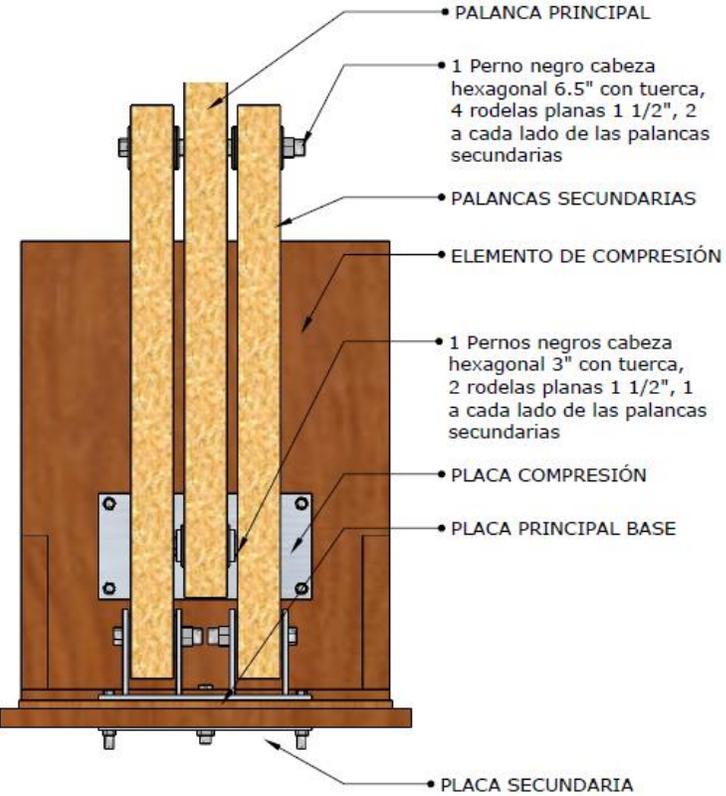
MONTAJE

Placa Principal Base x 1: 10 x 20 cm

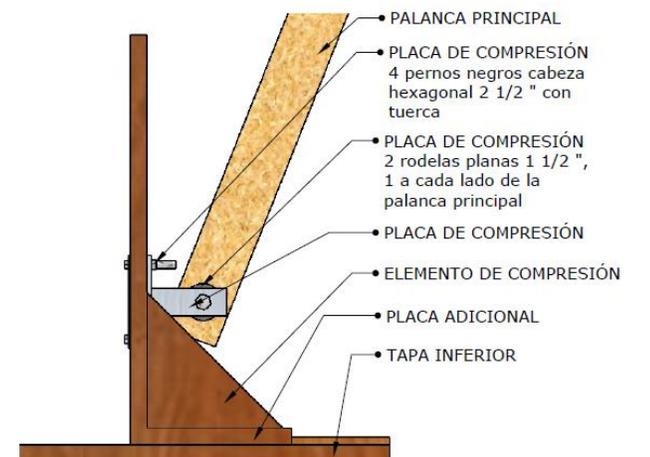
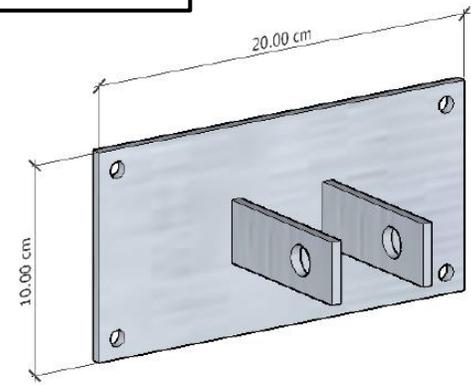
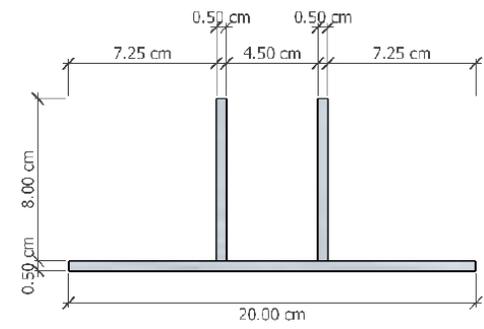
Placa a Secundaria x 2: 10 x 20 cm



Detalle Lateral: Montaje



Placa a Compresión x 1: 10 x 20 cm

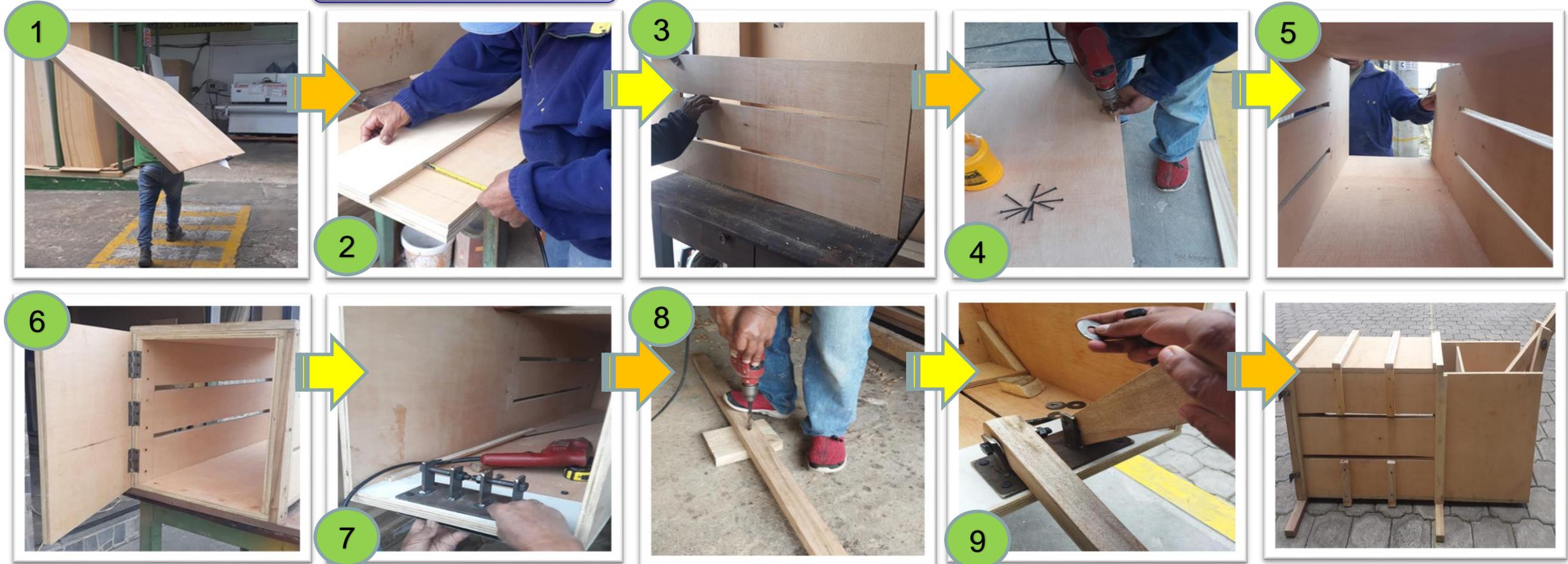




6. CONSTRUCCIÓN MÁQUINA ENFARDADORA MANUAL

ESTRUCTURAS QUE CONFORMAN LA MÁQUINA

CONSTRUCCIÓN - MONTAJE





6. CONSTRUCCIÓN MÁQUINA ENFARDADORA MANUAL

ESTRUCTURAS QUE CONFORMAN LA MÁQUINA

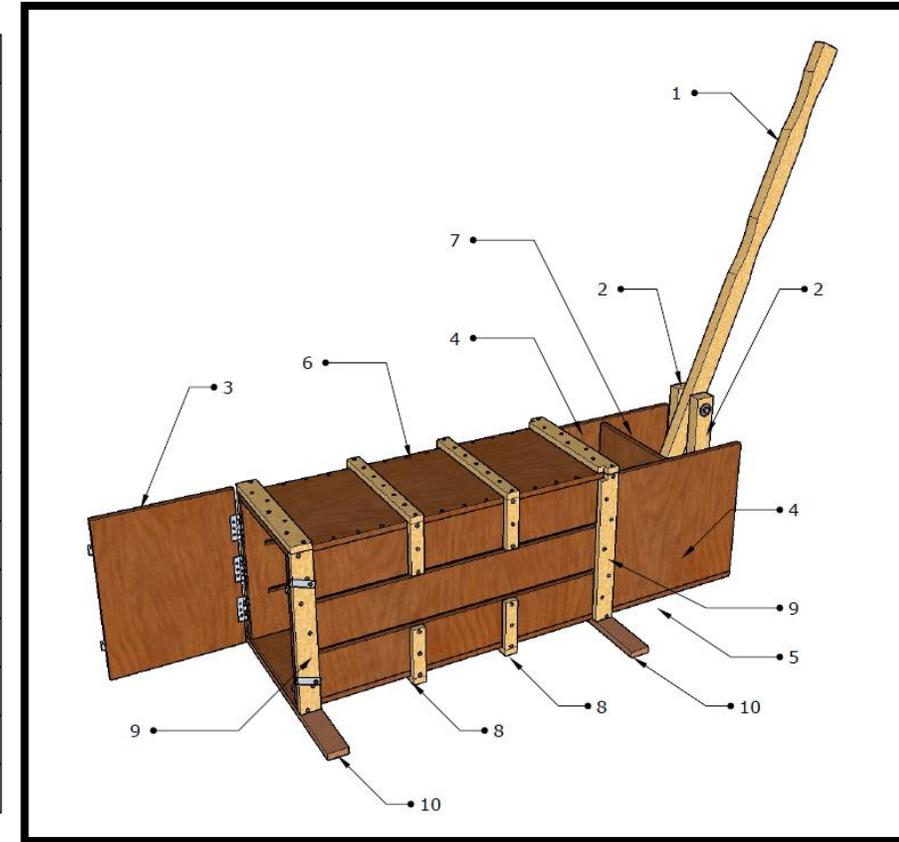
MATERIALES - PIEZAS

ELEMENTOS Y MATERIALES PARA LA CONSTRUCCIÓN DE ENFARDADORA MANUAL EN MADERA

Nº	ELEMENTO	MATERIAL	UNIDAD	CANTIDAD
1	PALANCA PRINCIPAL	TABLÓN DE LAUREL 240 x 22.5 x 6 cm	u	3
2	PALANCAS SECUNDARIAS			
3	PUERTA PRINCIPAL			
4	TAPAS LATERALES	TABLERO TRIPLEX 122 x 244 x 1.8 cm	u	3
5	TAPA INFERIOR			
6	TAPA SUPERIOR			
7	ELEMENTO DE COMPRESIÓN			
8	REFUERZOS INTERMEDIOS	TIRAS DE MADERA 600 x 6 x 2 cm	u	3
9	REFUERZOS EXTREMOS			
10	APOYOS LATERALES			

PIEZAS QUE COMPONEN LOS SISTEMAS DE LA MÁQUINA ENFARDADORA

PIEZA U OBJETO	UNID	CANT	ELEMENTO QUE COMPONE O UBICACIÓN
BISAGRA DE BRONCE 3"	u	3	PUERTA PRINCIPAL
PLACA DE ACERO INFERIOR DE LA BASE A36 200 x 100 x 2 mm	u	1	ANCLAJE DE PALANCAS SECUNDARIAS
PLACA DE ACERO SUPERIOR DE LA BASE A36 200 x 100 x 5 mm	u	1	ANCLAJE DE PALANCAS SECUNDARIAS
PLACA DE ACERO 1 PANEL DE COMPRESIÓN A36 200 x 100 x 2 mm	u	1	ANCLAJE PALANCA PRINCIPAL
PLACA DE ACERO 2 PANEL DE COMPRESIÓN A36 200 x 100 x 5 mm	u	1	ANCLAJE PALANCA PRINCIPAL
PERNO NEGRO CABEZA HEXAGONAL CON TUERCA 3"	u	3	ANCLAJE PALANCAS PRINCIPAL Y SECUNDARIAS
PERNO NEGRO CABEZA HEXAGONAL CON TUERCA 3"	u	1	UNION PALANCAS PRINCIPAL Y SECUNDARIAS
PERNO NEGRO CABEZA HEXAGONAL CON TUERCA 2 1/2 "	u	14	ANCLAJE ELEMENTO DE COMPRESIÓN, SEGUROS PARA PUERTA PRINCIPAL
RODELA PLANA 1"	u	4	PERNOS DE ANCLAJE ELEMENTO DE COMPRESIÓN Y PUERTA PRINCIPAL
RODELA PLANA 1 1/2"	u	10	PERNOS DE ANCLAJE PALANCAS PRINCIPAL Y SECUNDARIAS
TORNILLO NEGRO MADERA 2 1/2"	u	70	UNIÓN TAPAS SUPERIOR, INFERIOR, LATERALES, REFUERZOS INTERMEDIOS Y EXTERIORES
CLAVOS DE ACERO LISO 1/2"	kg	1	UNIONES ELEMENTO DE COMPRESIÓN
SEGUROS DE ACERO	u	2	PUERTA PRINCIPAL
PEGAMENTO P/ MADERA CARPINTERO 16 OZ	u	1	UNIÓN TAPAS SUPERIOR, INFERIOR, LATERALES, REFUERZOS INTERMEDIOS Y EXTERIORES





7. PROPIEDADES FÍSICO – MECÁNICAS DE FARDOS CON PAJA DE ARROZ

ENFARDADO

1. Recolección de la Paja en el Campo



2. Almacenamiento de la paja suelta.



3. Colocación de la paja en la máquina enfardadora



4. Ordenamiento de la paja



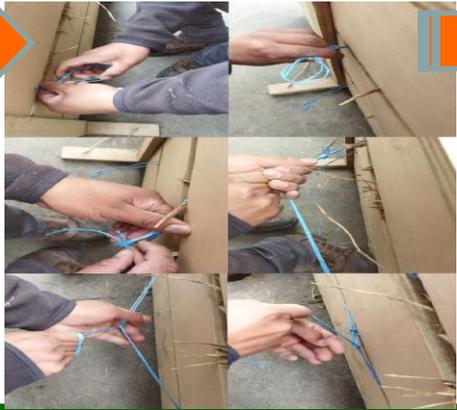
5. Compresión de la paja



6. Colocación de hilos



7. Nudos



8. Retiros de seguros de la puerta principal





7. PROPIEDADES FÍSICO – MECÁNICAS DE FARDOS CON PAJA DE ARROZ

ENFARDADO

NORMA

9. Extracción del fardo de paja de la máquina



10. Limpieza final de la máquina



11. Almacenamiento de los fardos



24 FARDOS

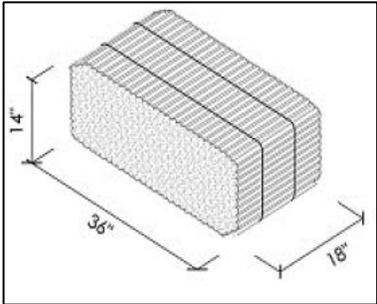


CÓDIGO RESIDENCIAL INTERNACIONAL – IRC 2018



ESPECÍMENES

Largo: 90 cm
Ancho: 35 cm
Alto: 45 cm



DIMENSIONES

PESO

CONTENIDO DE HUMEDAD

DENSIDAD APARENTE



7. PROPIEDADES FÍSICO – MECÁNICAS DE FARDOS CON PAJA DE ARROZ

DIMENSIONES

Obtención de dimensiones exactas:
Irregularidades en los lados de los fardos.



Colocación de tríplex en sus lados



Uso del flexómetro



PESO

Balanza digital



Estabilización del valor en la pantalla



Toma de la lectura





7. PROPIEDADES FÍSICO – MECÁNICAS DE FARDOS CON PAJA DE ARROZ

CONTENIDO DE HUMEDAD

PARÁMETRO DE CONTROL
IRC, 2018 <20%

EQUIPO F- 2000:
10 x 20 cm



Medición de humedades:
Del 6% hasta 40%

Medición de humedad:
Previamente calibrado



Introducción de la varilla para
toma de humedades



Toma de 3 humedades por cada
fardo (Superior, Centro, Inferior)



CONTENIDO DE HUMEDAD
(%)
Único Valor (Promedio)





7. PROPIEDADES FÍSICO – MECÁNICAS DE FARDOS CON PAJA DE ARROZ

DENSIDAD APARENTE

DENSIDAD APARENTE PRELIMINAR

$$D.A = \frac{P.fardo}{V}$$

D.A = Densidad Aparente [kg/m³]

P. fardo = Peso del fardo [kg]

V = Volumen del fardo [m³]

Corrección de la Densidad Aparente IRC 2018



DENSIDAD APARENTE

$$D.A.c = \frac{P.fardo - (P.fardo * C.Humedad)}{V}$$

D.A.c = Densidad Aparente Corregida del fardo [kg/m³]

P. fardo = Peso del fardo [kg]

C. Humedad = Contenido de humedad del fardo [%]

V = Volumen del fardo [m³]



PRESENTA ADECUADAS PROPIEDADES



USO EN LA CONSTRUCCIÓN

PARAMETRO DE CONTROL
D.A.c > 80 kg/m³

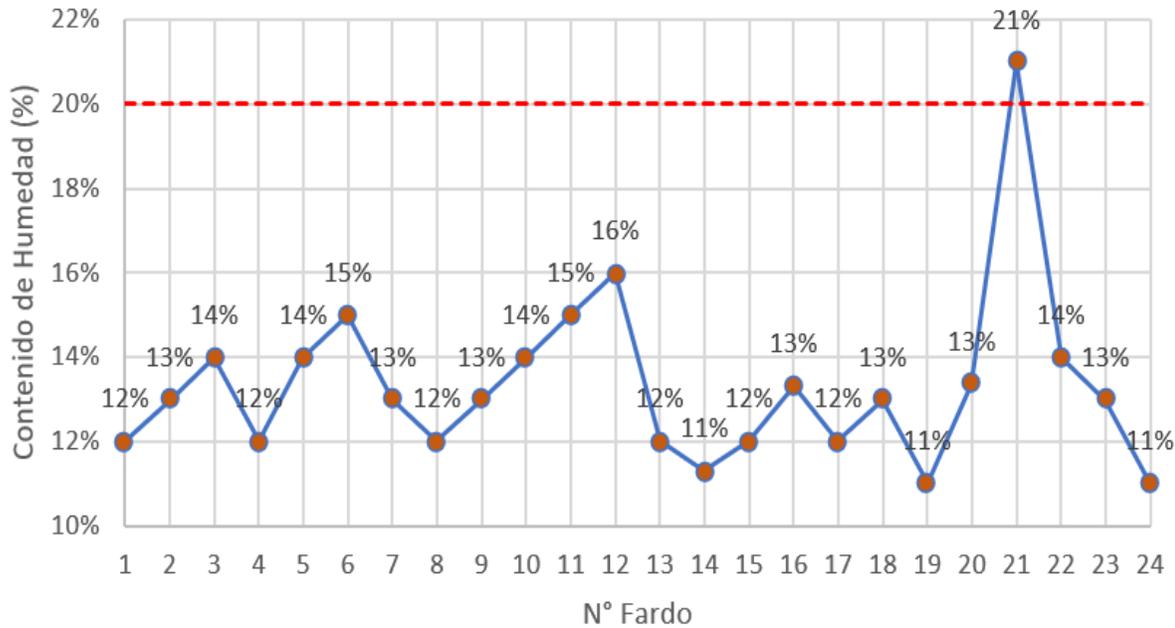


7. PROPIEDADES FÍSICO – MECÁNICAS DE FARDOS CON PAJA DE ARROZ

RESULTADOS

Fardos vs Contenido de Humedad

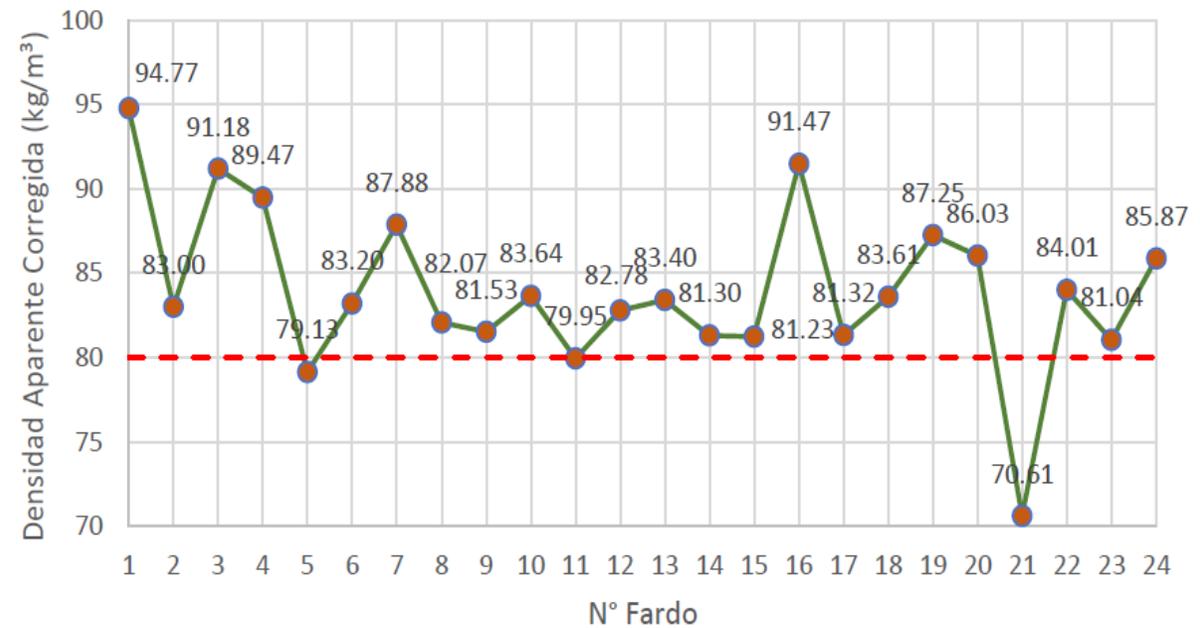
● Contenido de Humedad - - - Limite C.H = 20 %



Contenido de Humedad: 13 % ✓

Fardos vs Densidad Aparente Corregida

● Densidad Aparente Corregida - - - Limite D.A.c = 80 kg/m³



Densidad Aparente 83.99 kg/m³ ✓





7. PROPIEDADES FÍSICO – MECÁNICAS DE FARDOS CON PAJA DE ARROZ

RESULTADOS

Fardo	Dimensiones			Peso	Volumen	Contenido de Humedad	Contenido de Humedad < 20%	Densidad Aparente	Densidad Aparente Corregida	Densidad Aparente Corregida > 80 [kg/m³]
	Largo	Ancho	Altura							
N°	[m]	[m]	[m]	[kg]	[m³]	%	CONDICIÓN	[kg/m³]	[kg/m³]	CONDICIÓN
1	0.88	0.45	0.34	14.50	0.135	12%	CUMPLE	107.69	94.77	CUMPLE
2	0.84	0.45	0.33	11.90	0.125	13%	CUMPLE	95.40	83.00	CUMPLE
3	0.90	0.45	0.34	14.60	0.138	14%	CUMPLE	106.03	91.18	CUMPLE
4	0.90	0.45	0.34	14.00	0.138	12%	CUMPLE	101.67	89.47	CUMPLE
5	0.88	0.44	0.32	11.40	0.124	14%	CUMPLE	92.01	79.13	NO CUMPLE
6	0.90	0.43	0.33	12.50	0.128	15%	CUMPLE	97.88	83.20	CUMPLE
7	0.88	0.45	0.34	13.60	0.135	13%	CUMPLE	101.01	87.88	CUMPLE
8	0.82	0.45	0.34	11.70	0.125	12%	CUMPLE	93.26	82.07	CUMPLE
9	0.88	0.44	0.35	12.70	0.136	13%	CUMPLE	93.71	81.53	CUMPLE
10	0.84	0.45	0.34	12.50	0.129	14%	CUMPLE	97.26	83.64	CUMPLE
11	0.82	0.45	0.34	11.80	0.125	15%	CUMPLE	94.05	79.95	NO CUMPLE
12	0.82	0.45	0.33	12.00	0.122	16%	CUMPLE	98.55	82.78	CUMPLE
13	0.85	0.45	0.36	13.05	0.138	12%	CUMPLE	94.77	83.40	CUMPLE
14	0.86	0.48	0.37	14.00	0.153	11%	CUMPLE	91.66	81.30	CUMPLE
15	0.85	0.46	0.36	12.00	0.130	12%	CUMPLE	92.31	81.23	CUMPLE
16	0.83	0.46	0.34	13.70	0.130	13%	CUMPLE	105.54	91.47	CUMPLE
17	0.87	0.43	0.35	12.10	0.131	12%	CUMPLE	92.41	81.32	CUMPLE
18	0.88	0.45	0.36	13.70	0.143	13%	CUMPLE	96.10	83.61	CUMPLE
19	0.85	0.45	0.36	13.50	0.138	11%	CUMPLE	98.04	87.25	CUMPLE
20	0.85	0.44	0.35	13.00	0.131	13%	CUMPLE	99.31	86.03	CUMPLE
21	0.84	0.45	0.37	12.50	0.140	21%	NO CUMPLE	89.38	70.61	NO CUMPLE
22	0.83	0.45	0.37	13.50	0.138	14%	CUMPLE	97.69	84.01	CUMPLE
23	0.82	0.46	0.37	13.00	0.140	13%	CUMPLE	93.15	81.04	CUMPLE
24	0.84	0.45	0.34	12.40	0.129	11%	CUMPLE	96.48	85.87	CUMPLE

VALORES PROMEDIOS OBTENIDOS

Dimensiones:
Largo: 86 cm
Ancho: 45 cm
Altura: 35 cm



Peso:
12.90 kg



Volumen:
0.133 m³



Densidad Aparente Preliminar:
96.89 kg/m³



8. DISEÑO Y PROPIEDADES FÍSICO – MECÁNICAS DEL MORTERO DE RECUBRIMIENTO PARA PANELES

GENERALIDADES

Construcciones con paja



Mortero de recubrimiento

CÓDIGO RESIDENCIAL INTERNACIONAL – IRC 2018 ✓

Tipo de Revoco	Resistencia Mínima a la Compresión	
	PSI	MPa
Arcilla	100	0.69
Suelo - Cemento	1000	6.89
Cal	600	4.14
Cemento - Cal	1000	6.89
Cemento	14000	9.65

NTE INEN 2528, 2010

Mortero	TIPO	Resistencia Mínima a la Compresión a 28 días
		MPa
Cemento y Cal	M	17.20
	S	12.40
	N	5.20
	O	2.40

Características del Mortero

PERMEABLE ✓



Tipos de Morteros

100% Cal
(Fraguado y Resistencia) ✗

Cal – Cemento
(Fraguado y Resistencia) Optimización ✓

100% Cemento
(Impermeable) ✗

Ventajas y funciones en paneles

Resistencia al Fuego

Resistencia a la compresión

Sostenibilidad

Problemas

Cantidad considerable de mortero en el panel
(Aumento del Peso)

Sustitución de Materiales:
Cemento
Cal
Arena (Árido fino)



8. DISEÑO Y PROPIEDADES FÍSICO – MECÁNICAS DEL MORTERO DE RECUBRIMIENTO PARA PANELES

MATERIALES Y NORMATIVAS

Cemento

TIPO GU
Construcciones en General

Cal Hidratada Ca (OH)₂

Extracción: Calera la Paz,
Provincia del Carchi,
Cantón Montufar



Agregado Fino (Arena)

Extracción: Cantera de Pintag
Provincia de Pichincha

Agregado Fino (Perlita)

Extracción: Mina de Yaruquí
Provincia de Pichincha



NORMATIVA		
Propiedad	Nacional	Internacional
Densidad	NTE INEN 156	ASTM C-144

CARACTERIZACIÓN DE MATERIALES (PROPIEDADES FÍSICO – MECÁNICAS)

NORMATIVA		
Propiedad	Nacional	Internacional
Peso específico	NTE INEN 856	ASTM C-127
Densidad Aparente Suelta	NTE INEN 858	ASTM C-29
Densidad Aparente Compactada	NTE INEN 858	ASTM C-29
Contenido de Humedad	NTE INEN 862	ASTM C-566
Capacidad de Absorción	NTE INEN 856	ASTM C-127
Módulo de Finura	NTE INEN 696, 2536	ASTM C-136
Colorimetría	NTE INEN 855	ASTM C-40

Aditivo

Plastocrete
161 HE



IMPORTANCIA:
- Calidad de los materiales
- Diseño del mortero





8. DISEÑO Y PROPIEDADES FÍSICO – MECÁNICAS DEL MORTERO DE RECUBRIMIENTO PARA PANELES

CARACTERIZACIÓN DE LOS ÁRIDOS FINOS (PROPIEDADES FÍSICO – MECÁNICAS)

NTE INEN 856 / ASTM C- 127. “Áridos. Determinación de la densidad, densidad relativa (gravedad específica) y absorción del árido fino”.

ARENA - PINTAG

ECUACIONES

$$Mass = (M_{picv} + Mass) - M_{picv}$$

$$V. des = (M_{picc} - M_{picv}) - [(M_{pic} + Mass + M_{ll}) - (M_{pic} + Mass)]$$

$$\gamma_{arena} = \frac{Mass}{V. des}$$

RESULTADOS

PESO ESPECÍFICO

Balanza: Capacidad 1kg, sensibilidad 0.1 g

Picnómetro: Capacidad: 500 ml

Muestra de árido fino

Molde y compactador

Embudo

Pipetas



Peso específico o densidad volumétrica de los áridos			
Árido fino (Arena)			
Descripción	Muestra 1	Muestra 2	
a. Masa Picnómetro vacío	142.00 g	142.00	g
b. Masa Picnómetro + Arena en estado SSS	717.40 g	583.40	g
c. Masa de la Arena en estado SSS	575.40 g	441.40	g
d. Masa del Picnómetro calibrado	654.00 g	654.30	g
e. Masa del Picnómetro + Arena SSS +Líquido	990.20 g	911.80	g
f. Volumen desalojado	239.20 cm ³	183.90	cm ³
Peso Específico de la Arena	2.41 g/cm ³	2.40	g/cm ³
	2406 kg/m ³	2400	kg/m ³



8. DISEÑO Y PROPIEDADES FÍSICO – MECÁNICAS DEL MORTERO DE RECUBRIMIENTO PARA PANELES

CARACTERIZACIÓN DE LOS ÁRIDOS FINOS (PROPIEDADES FÍSICO – MECÁNICAS)

NTE INEN 856 / ASTM C- 127. “Áridos. Determinación de la densidad, densidad relativa (gravedad específica) y absorción del árido fino”.

PERLITA - YARUQUÍ

ECUACIONES

$$Mass = (M_{picv} + Mass) - M_{picv}$$

$$V. des = (M_{picc} - M_{picv}) - [(M_{pic} + Mass + M_{ll}) - (M_{pic} + Mass)]$$

$$\gamma_{arena} = \frac{Mass}{V. des}$$

RESULTADOS

PESO ESPECÍFICO

Balanza: Capacidad 1kg, sensibilidad 0.1 g

Picnómetro: Capacidad: 500 ml

Muestra de árido fino

Molde y compactador

Embudo

Pipetas



Peso específico o densidad volumétrica de los áridos		
Árido fino (Perlita)		
Descripción	Muestra 1	Muestra 2
a. Masa Picnómetro vacío	156.20 g	156.20 g
b. Masa Picnómetro + Arena en estado SSS	370.30 g	378.20 g
c. Masa de la Arena en estado SSS	214.10 g	222.00 g
d. Masa del Picnómetro calibrado	654.10 g	654.30 g
e. Masa del Picnómetro + Arena SSS +Líquido	719.20 g	720.80 g
f. Volumen desalojado	149.00 cm ³	155.50 cm ³
Peso Específico de la perlita	1.44 g/cm³	1.43 g/cm³
	1437 kg/m³	1428 kg/m³



8. DISEÑO Y PROPIEDADES FÍSICO – MECÁNICAS DEL MORTERO DE RECUBRIMIENTO PARA PANELES

CARACTERIZACIÓN DE LOS ÁRIDOS FINOS (PROPIEDADES FÍSICO – MECÁNICAS)

NTE INEN 856 / ASTM C- 127. “Áridos. Determinación de la densidad, densidad relativa (gravedad específica) y absorción del árido fino”.

ARENA – PINTAG / PERLITA - YARUQUÍ

RESULTADOS

Balanza: Capacidad 1kg, sensibilidad 0.1 g

Muestra de árido fino en estado SSS: 500 g

Horno: Temperatura 110°C ± 5°C

Molde y compactador

Embudo

Pipetas



ECUACIONES

$$C.A = \frac{Mass - Marenash}{Marenash} * 100$$

CAPACIDAD DE ABSORCIÓN

Capacidad de absorción de los áridos			
Árido fino (Arena)			
Descripción	Muestra 1	Muestra 2	
h. Masa de la arena en estado SSS + recipiente	580.50 g	578.60	g
i. Masa de la arena seca al horno + recipiente	569.50 g	567.50	g
j. Masa del recipiente que contiene la arena	80.10 g	77.60	g
k. Masa de la arena en estado SSS	500.40 g	501.00	g
l. Masa de la arena seca al horno	489.40 g	489.90	g
Capacidad de absorción de la arena	2.25	%	2.27 %

Capacidad de absorción de los áridos			
Árido fino (Perlita)			
Descripción	Muestra 1	Muestra 2	
h. Masa de la arena en estado SSS + recipiente	541.30 g	622.40	g
i. Masa de la arena seca + recipiente	510.80 g	579.20	g
j. Masa del recipiente que contiene la arena	191.30 g	126.90	g
k. Masa de la arena en estado SSS	350.00 g	495.50	g
l. Masa de la arena seca	319.50 g	452.30	g
Capacidad de absorción de la perlita	9.55	%	9.55 %



8. DISEÑO Y PROPIEDADES FÍSICO – MECÁNICAS DEL MORTERO DE RECUBRIMIENTO PARA PANELES

**CARACTERIZACIÓN DE LOS ÁRIDOS FINOS
(PROPIEDADES FÍSICO – MECÁNICAS)**

NTE INEN 862 / ASTM C- 566. “Áridos para hormigón. Determinación del contenido total de humedad”.

ARENA – PINTAG / PERLITA - YARUQUÍ

ECUACIONES

$$C.H = \frac{Marenasa - Marenash}{Marenash} * 100$$

RESULTADOS

Balanza: Capacidad 1kg,
sensibilidad 0.1 g

Muestra de árido fino en
estado SSS: 500 g

Horno: Temperatura 110°C
± 5°C



Contenido de humedad de los áridos		
Árido fino (Arena)		
Descripción	Muestra 1	Muestra 2
m. Masa del recipiente	184.20 g	182.50 g
n. Masa de la arena seca al horno + recipiente	531.00 g	528.34 g
o. Masa de la arena seca al horno	346.80 g	345.84 g
p. Masa de la arena seca al aire	350.40 g	349.40 g
Contenido de humedad de la arena	1.04 %	1.03 %

Contenido de humedad de los áridos		
Árido fino (Perlita)		
Descripción	Muestra 1	Muestra 2
m. Masa del recipiente	96.90 g	108.70 g
n. Masa de la arena seca al horno + recipiente	441.00 g	452.10 g
o. Masa de la arena seca al horno	344.10 g	343.40 g
p. Masa de la arena seca al aire	393.00 g	392.20 g
Contenido de humedad de la perlita	14.21 %	14.21 %

CONTENIDO DE HUMEDAD



8. DISEÑO Y PROPIEDADES FÍSICO – MECÁNICAS DEL MORTERO DE RECUBRIMIENTO PARA PANELES

CARACTERIZACIÓN DE LOS ÁRIDOS FINOS (PROPIEDADES FÍSICO – MECÁNICAS)

NTE INEN 858 / ASTM C- 29. “Determinación de la masa unitaria (Peso volumétrico) y porcentaje de vacíos”.

ARENA – PINTAG

RESULTADOS



Balanza: Capacidad 1kg, sensibilidad 0.1 g

Muestra de árido fino

Horno: Temperatura 110°C ± 5°C

Varilla: Longitud: 60 cm y diámetro: 1 cm

Recipiente cilíndrico:
Volumen: 1000 cm³, Masa: 629.10 g

DENSIDAD APARENTE SUELTA Y COMPATADA

ECUACIONES

$$D.A.S = \frac{Masr - Mrv}{Vrv}$$

$$D.A.C = \frac{Macr - Mrv}{Vrv}$$

Densidad suelta y compactada de los áridos							
Árido fino (Arena)							
Masa del recipiente vacío	=	629.10	g				
Volumen del recipiente vacío	=	1000.00	cm ³				
Árido suelto		Árido compactado					
Masa de arena + recipiente	=	2040.10	g	Masa de arena + recipiente	=	2219.20	g
	=	2044.30	g		=	2235.50	g
	=	2042.50	g		=	2240.20	g
Promedio	=	2042.30	g	Promedio	=	2231.63	g
Densidad aparente suelta	=	1.41	g/cm ³	Densidad aparente compactada	=	1.60	g/cm ³
	=	1413	kg/m ³		=	1603	kg/m ³

Densidad suelta y compactada de los áridos							
Árido fino (Arena)							
Masa del recipiente vacío	=	629.10	g				
Volumen del recipiente vacío	=	1000.00	cm ³				
Árido suelto		Árido compactado					
Masa de arena + recipiente	=	2043.50	g	Masa de arena + recipiente	=	2224.50	g
	=	2042.70	g		=	2215.50	g
	=	2044.40	g		=	2219.70	g
Promedio	=	2043.53	g	Promedio	=	2219.90	g
Densidad aparente suelta	=	1.41	g/cm ³	Densidad aparente compactada	=	1.59	g/cm ³
	=	1414	kg/m ³		=	1590.80	kg/m ³



8. DISEÑO Y PROPIEDADES FÍSICO – MECÁNICAS DEL MORTERO DE RECUBRIMIENTO PARA PANELES

CARACTERIZACIÓN DE LOS ÁRIDOS FINOS (PROPIEDADES FÍSICO – MECÁNICAS)

NTE INEN 858 / ASTM C- 29. “Determinación de la masa unitaria (Peso volumétrico) y porcentaje de vacíos”.

PERLITA – YARUQUÍ

Balanza: Capacidad 1kg, sensibilidad 0.1 g

Muestra de árido fino

Horno: Temperatura 110°C ± 5°C

Varilla: Longitud: 60 cm y diámetro: 1 cm

Recipiente cilíndrico:
Volumen: 1000 cm³, Masa: 629.10 g



ECUACIONES

$$D.A.S = \frac{Masr - Mrv}{Vrv}$$

$$D.A.C = \frac{Macr - Mrv}{Vrv}$$

RESULTADOS

Densidad suelta y compactada de los áridos				
Árido fino (Perlita)				
Masa del recipiente vacío	=	629.10	g	
Volumen del recipiente vacío	=	1000.00	cm ³	
Árido suelto		Árido compactado		
Masa de arena + recipiente	=	1228.50	g	Masa de arena + recipiente = 1308.20 g
	=	1231.90	g	= 1312.10 g
	=	1227.10	g	= 1308.30 g
Promedio	=	1229.17	g	Promedio = 1309.53 g
Densidad aparente suelta	=	0.60	g/cm ³	Densidad aparente compactada = 0.68 g/cm ³
	=	600	kg/m ³	= 680 kg/m ³

Densidad suelta y compactada de los áridos				
Árido fino (Perlita)				
Masa del recipiente vacío	=	629.10	g	
Volumen del recipiente vacío	=	1000.00	cm ³	
Árido suelto		Árido compactado		
Masa de arena + recipiente	=	1220.60	g	Masa de arena + recipiente = 1298.90 g
	=	1215.50	g	= 1292.80 g
	=	1217.30	g	= 1292.30 g
Promedio	=	1217.80	g	Promedio = 1294.67 g
Densidad aparente suelta	=	0.59	g/cm ³	Densidad aparente compactada = 0.67 g/cm ³
	=	589	kg/m ³	= 666 kg/m ³

DENSIDAD APARENTE SUELTA Y COMPATADA



8. DISEÑO Y PROPIEDADES FÍSICO – MECÁNICAS DEL MORTERO DE RECUBRIMIENTO PARA PANELES

CARACTERIZACIÓN DE LOS ÁRIDOS FINOS (PROPIEDADES FÍSICO – MECÁNICAS)

NTE INEN 696, 2536 / ASTM C- 136. “Áridos. Análisis granulométrico en los áridos / Áridos para uso en morteros para mampostería. Requisitos”.

ARENA – PINTAG

Balanza: Capacidad 1kg, sensibilidad 0.1 g

Muestra de árido fino

Horno: Temperatura 110°C ± 5°C

Agitador mecánico

Tamices: 4; 8; 16; 30; 50;100

Cepillo de alambre

Pala pequeña



RESULTADOS

N°	Tamiz		Retenido		%		Límites Específicos	
	Número	Tamaño mm	Parcial g	Acumulado g	Retenido	Pasa		
2	No. 4	4.750	0.80	0.80	0.14	99.86	100	- 100
3	No. 8	2.360	123.20	124.00	22.02	77.98	95	- 100
4	No. 16	1.180	136.40	260.40	46.25	53.75	70	- 100
5	No. 30	0.600	98.70	359.10	63.78	36.22	40	- 75
6	No. 50	0.300	64.30	423.40	75.20	24.80	20	- 40
7	No. 100	0.150	58.80	482.20	85.65	14.35	10	- 25
8	No. 200	0.075	35.90	518.10	92.02	7.98	0	- 10
9	Bandeja	-	44.90	563.00	100.00	0.00	-	-

Masa inicial	=	563.90 g
%ERROR	=	0.16 %
Módulo de finura	=	2.93

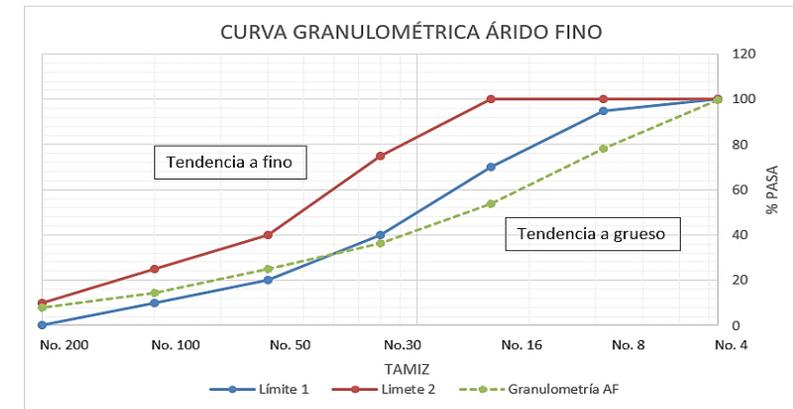
MÓDULO DE FINURA

ECUACIONES

$$\%Ret = \frac{Masa.A}{Masa.T} * 100$$

$$\%Pasa = 100 - \%Ret$$

$$M.F = \frac{\sum \%Ret}{100}$$





8. DISEÑO Y PROPIEDADES FÍSICO – MECÁNICAS DEL MORTERO DE RECUBRIMIENTO PARA PANELES

CARACTERIZACIÓN DE LOS ÁRIDOS FINOS (PROPIEDADES FÍSICO – MECÁNICAS)

NTE INEN 696, 2536 / ASTM C- 136. “Áridos. Análisis granulométrico en los áridos / Áridos para uso en morteros para mampostería. Requisitos”.

PERLITA – YARUQUÍ

Balanza: Capacidad 1kg, sensibilidad 0.1 g

Muestra de árido fino

Horno: Temperatura 110°C ± 5°C

Agitador mecánico

Tamices: 4; 8; 16; 30; 50;100

Cepillo de alambre

Pala pequeña



MÓDULO DE FINURA

ECUACIONES

$$\%Ret = \frac{Masa.A}{Masa.T} * 100$$

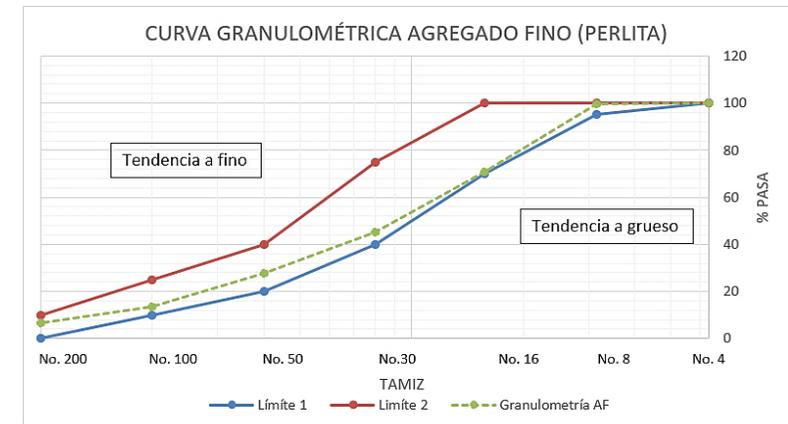
$$\%Pasa = 100 - \%Ret$$

$$M.F = \frac{\sum \%Ret}{100}$$

RESULTADOS

N°	Número	Tamiz	Retenido		%		Límites Específicos	
		Tamaño mm	Parcial g	Acumulado g	Retenido	Pasa		
2	No. 4	4.750	0.00	0.00	0.00	100.00	100	- 100
3	No.8	2.360	1.70	1.70	0.31	99.69	95	- 100
4	No. 16	1.180	158.70	160.40	29.24	70.76	70	- 100
5	No. 30	0.600	139.30	299.70	54.64	45.36	40	- 75
6	No. 50	0.300	95.70	395.40	72.09	27.91	20	- 40
7	No. 100	0.150	79.10	474.50	86.51	13.49	10	- 25
8	No. 200	0.075	38.20	512.70	93.47	6.53	0	- 10
9	Bandeja	-	35.80	548.50	100.00	0.00		-

Masa inicial	=	550.00 g
%ERROR	=	0.27 %
Módulo de finura	=	2.43





8. DISEÑO Y PROPIEDADES FÍSICO – MECÁNICAS DEL MORTERO DE RECUBRIMIENTO PARA PANELES

CARACTERIZACIÓN DE LOS ÁRIDOS FINOS (PROPIEDADES FÍSICO – MECÁNICAS)

NTE INEN 855/ ASTM C- 40. “Áridos. Determinación de las impurezas orgánicas en el árido fino para hormigón”.

ARENA – PINTAG / PERLITA - YARUQUÍ

RESULTADOS

Balanza: Capacidad 1kg, sensibilidad 0.1 g

Muestra de árido fino

Frasco de vidrio calibrado con tapa

Sodio (Na): Cantidad 30g

Agua: 1000ml

Vaso de precipitación: Capacidad: 1000ml

Embudo



COLORIMETRÍA

Color	Interpretación
Blanco, claro o transparente	Árido fino de buena calidad, no contiene materia orgánica
Amarillo pálido	Árido fino de buena calidad, poca materia orgánica
Amarillo encendido	Alta cantidad de materia orgánica, se utiliza para mortero u hormigones de baja densidad
Café	Árido fino de mala calidad, concentraciones elevadas de materia orgánica
Café chocolate	Árido fino de mala calidad

Colorimetría del árido fino	
a. Procedencia del árido fino	Pintag
b. Color presentado a las 24 horas	Figura 75
c. Observaciones	Material sin presencia de materia orgánica

Colorimetría del árido fino	
a. Procedencia del árido fino (perlita)	Yaruquí
b. Color presentado a las 24 horas	Figura 81
c. Observaciones	Material sin presencia de materia orgánica



Pelita. Es apta para utilizarla en morteros





8. DISEÑO Y PROPIEDADES FÍSICO – MECÁNICAS DEL MORTERO DE RECUBRIMIENTO PARA PANELES

RESUMEN MATERIALES (PROPIEDADES FÍSICO – MECÁNICAS)



ÁRIDOS FINOS

Propiedades físico – mecánicas de los áridos finos (arena y perlita)

Propiedades Mecánicas	NTE INEN	ASTM	Arena			Perlita		
			Valor 1	Valor 2	Valor Final	Valor 1	Valor 2	Valor Final
Peso específico (g/cm ³)	856	C-127	2,41	2,40	2,41	1,44	1,43	1,44
Densidad Aparente Suelta (g/cm ³)	858	C-29	1,41	1,41	1,41	0,60	0,59	0,60
Densidad Aparente Compactada (g/cm ³)	858	C-29	1,60	1,59	1,60	0,68	0,67	0,68
Contenido de Humedad (%)	862	C-566	1,04	1,03	1,04	14,21	14,21	3,39
Capacidad de Absorción (%)	856	C-127	2,25	2,27	2,26	9,55	9,55	9,55
Módulo de Finura	696	C-136	2,93	2,91	2,44	2,43	2,42	2,43
Colorimetría	855	C-40	SPMO	SPMO	SPMO	SPMO	SPMO	SPMO

SPMO: Sin presencia de materia orgánica



AGLOMERANTES

Densidad para los aglomerantes (cemento y cal)

Propiedades Mecánicas	NTE INEN	ASTM	Cemento			Cal		
			Valor 1	Valor 2	Valor Final	Valor 1	Valor 2	Valor Final
Densidad (g/cm ³)	156	C-144	2,79	2,80	2,80	2,19	2,21	2,20





8. DISEÑO Y PROPIEDADES FÍSICO – MECÁNICAS DEL MORTERO DE RECUBRIMIENTO PARA PANELES

DISEÑO DE MEZCLAS DEL MORTERO DE RECUBRIMIENTO DENSIDAD ÓPTIMA

DISEÑO DE MEZCLAS

MEZCLA PATRÓN MP1

Cantidades de materiales

MATERIALES:
Cemento
Arena de Pintag
Agua

Densidad Real de la Mezcla (DRM)

$$D.R.M = \frac{P.E.A.F.sss * \%A.F}{100}$$

$$D.R.M = 2.41 \text{ g/cm}^3$$

Densidad Aparente Compactada de los áridos(DACAF)

$$D.A.C.A.F = 1.60 \text{ g/cm}^3$$

Densidad Óptima de la Mezcla (DOM)

$$D.O.M = 1.60 \text{ g/cm}^3$$

Porcentaje Óptimo de Vacíos (%OV)

$$\%O.V = \frac{D.R.M - D.O.M}{D.R.M}$$

$$\%O.V = 33.61 \%$$

Cantidad de Pasta en la Mezcla (12 a 15 cm)

$$C.P = \%O.V + 2\% + 13\%(\%O.V)$$

$$C.P = 39.98 \%$$

Resistencia de diseño (f'cr)

$$f_{cr} = f_c + 7$$

$$f_{cr} = 14 \text{ MPa}$$

Relación Agua - Cemento (W/C)
INTERPOLACIÓN (W/C = 0.82)

Resistencia requerida a los 28 días (MPa)	W/C
	Sin aire incorporado
15	0.80
20	0.70
25	0.62
30	0.55
35	0.48

CANTIDAD DE MATERIALES
(1m³ de mortero)

$$C = \frac{C.P * 10}{\frac{W}{C} + \frac{1}{D.C}}$$

$$C = 339.63 \text{ kg}$$

$$W = \frac{W}{C} * C$$

$$W = 278.50 \text{ kg}$$

$$A = (1 - C.P) * \left(\frac{P.E.A.F.sss * \%A.F}{100} \right)$$

$$A = 1446.48 \text{ kg}$$



8. DISEÑO Y PROPIEDADES FÍSICO – MECÁNICAS DEL MORTERO DE RECUBRIMIENTO PARA PANELES

DISEÑO DE MEZCLAS DEL MORTERO DE RECUBRIMIENTO DENSIDAD ÓPTIMA

DISEÑO DE MEZCLAS

MEZCLA PATRÓN MP2

Cantidades de materiales

MATERIALES:
Cemento
Perlita
Agua

Densidad Real de la Mezcla (DRM)

$$D.R.M = \frac{P.E.A.F.sss * \%A.F}{100}$$

$$D.R.M = 1.44 \text{ g/cm}^3$$

Densidad Aparente Compactada de los áridos(DACAF)

$$D.A.C.A.F = 0.68 \text{ g/cm}^3$$

Densidad Óptima de la Mezcla (DOM)

$$D.O.M = 0.68 \text{ g/cm}^3$$

Porcentaje Óptimo de Vacíos (%OV)

$$\%O.V = \frac{D.R.M - D.O.M}{D.R.M}$$

$$\%O.V = 52.78 \%$$

Cantidad de Pasta en la Mezcla (12 a 15 cm)

$$C.P = \%O.V + 2\% + 13\%(\%O.V)$$

$$C.P = 61.64 \%$$

Resistencia de diseño (f'cr)

$$f_{cr} = f_c + 7$$

$$f_{cr} = 14 \text{ MPa}$$

Relación Agua - Cemento (W/C)
INTERPOLACIÓN (W/C = 0.82)

Resistencia requerida a los 28 días (MPa)	W/C Sin aire incorporado
15	0.80
20	0.70
25	0.62
30	0.55
35	0.48

CANTIDAD DE MATERIALES (1m³ de mortero)

$$C = \frac{C.P * 10}{\frac{W}{C} + \frac{1}{D.C}}$$

$$C = 523.63 \text{ kg}$$

$$W = \frac{W}{C} * C$$

$$W = 429.38 \text{ kg}$$

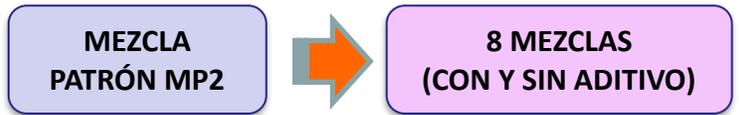
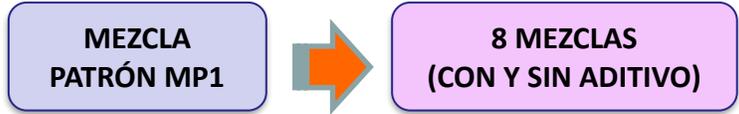
$$P = (1 - C.P) * \left(\frac{P.E.A.F.sss * \%A.F}{100} \right)$$

$$P = 552.40 \text{ kg}$$

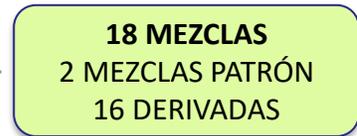


8. DISEÑO Y PROPIEDADES FÍSICO – MECÁNICAS DEL MORTERO DE RECUBRIMIENTO PARA PANELES

MEZCLAS OBTENIDAS MP1 Y MP2



Id.	Significado de las codificaciones asignadas a las mezclas
MP1	Mezcla patrón 1: 0% de cal + 100% de cemento + Arena + Agua
9010AM1	90: 90% de cal ; 10: 10% de cemento ; A: Con aditivo ; M1: Modificada de MP1
9010SM1	90: 90% de cal ; 10: 10% de cemento ; S: Sin aditivo ; M1: Modificada de MP1
7030AM1	70: 70% de cal ; 30: 30% de cemento ; A: Con aditivo ; M1: Modificada de MP1
7030SM1	70: 70% de cal ; 30: 30% de cemento ; S: Sin aditivo ; M1: Modificada de MP1
5050AM1	50: 50% de cal ; 50: 50% de cemento ; A: Con aditivo ; M1: Modificada de MP1
5050SM1	50: 50% de cal ; 50: 50% de cemento ; S: Sin aditivo ; M1: Modificada de MP1
3070AM1	30: 30% de cal ; 70: 70% de cemento ; A: Con aditivo ; M1: Modificada de MP1
3070SM1	30: 30% de cal ; 70: 70% de cemento ; S: Sin aditivo ; M1: Modificada de MP1
MP2	Mezcla patrón 2: 0% de cal + 100% de cemento + Perlita + Agua
9010AM2	90: 90% de cal ; 10: 10% de cemento ; A: Con aditivo ; M2: Modificada de MP2
9010SM2	90: 90% de cal ; 10: 10% de cemento ; S: Sin aditivo ; M2: Modificada de MP2
7030AM2	70: 70% de cal ; 30: 30% de cemento ; A: Con aditivo ; M2: Modificada de MP2
7030SM2	70: 70% de cal ; 30: 30% de cemento ; S: Sin aditivo ; M2: Modificada de MP2
5050AM2	50: 50% de cal ; 50: 50% de cemento ; A: Con aditivo ; M2: Modificada de MP2
5050SM2	50: 50% de cal ; 50: 50% de cemento ; S: Sin aditivo ; M2: Modificada de MP2
3070AM2	30: 30% de cal ; 70: 70% de cemento ; A: Con aditivo ; M2: Modificada de MP2
3070SM2	30: 30% de cal ; 70: 70% de cemento ; S: Sin aditivo ; M2: Modificada de MP2





8. DISEÑO Y PROPIEDADES FÍSICO – MECÁNICAS DEL MORTERO DE RECUBRIMIENTO PARA PANELES

DOSIFICACIONES DE LAS MEZCLAS OBTENIDAS MP1 Y MP2

1 m³ DE MORTERO

Id.	Cal	Cemento	Arena	Agua	Aditivo
	(kg/m ³)				
MP1	0.00	339.63	1446.50	295.55	0.00
9010AM1	305.67	33.96	1446.50	390.29	8.49
9010SM1	305.67	33.96	1446.50	390.29	0.00
7030AM1	237.74	101.89	1446.50	370.75	8.49
7030SM1	237.74	101.89	1446.50	370.75	0.00
5050AM1	169.82	169.82	1446.50	354.29	8.49
5050SM1	169.82	169.82	1446.50	354.29	0.00
3070AM1	101.89	237.74	1446.50	342.86	8.49
3070SM1	101.89	237.74	1446.50	342.86	0.00

Id.	Cal	Cemento	Perlita	Agua	Aditivo
	(kg/m ³)				
MP2	0.00	523.63	552.40	404.88	0.00
9010AM2	471.27	52.36	552.40	408.31	13.09
9010SM2	471.27	52.36	552.40	408.31	0.00
7030AM2	366.54	157.09	552.40	383.05	13.09
7030SM2	366.54	157.09	552.40	383.05	0.00
5050AM2	261.82	261.82	552.40	371.62	13.09
5050SM2	261.82	261.82	552.40	371.62	0.00
3070AM2	157.09	366.54	552.40	360.20	13.09
3070SM2	157.09	366.54	552.40	360.20	0.00

MEZCLA
PATRÓN MP1

MEZCLA
PATRÓN MP2

CONSIDERACIONES

Corrección del agregado debido a su humedad

Evaluación de su resistencia en cubos de arista 5x5x5 cm

Medición de un flujo:
105 ± 5

Insuficiente capacidad batidora

7 CUBOS ARISTA 5CM

Id.	Cal	Cemento	Arena	Agua	Aditivo	Flujo
	(g)	(g)	(g)	(g)	(g)	105±5
MP1	0.00	297.18	1265.69	258.60	0.00	102
9010AM1	267.46	29.72	1265.69	341.50	7.43	108
9010SM1	267.46	29.72	1265.69	341.50	0.00	105
7030AM1	208.02	89.15	1265.69	324.40	7.43	109
7030SM1	208.02	89.15	1265.69	324.40	0.00	104
5050AM1	148.6	148.6	1265.69	310.00	7.43	108
5050SM1	148.6	148.6	1265.69	310.00	0.00	103
3070AM1	89.15	208.02	1265.69	300.00	7.43	107
3070SM1	89.15	208.02	1265.69	300.00	0.00	103

Id.	Cal	Cemento	Perlita	Agua	Aditivo	Flujo
	(g)	(g)	(g)	(g)	(g)	105±5
MP2	0.00	458.18	483.35	354.27	0.00	109
9010AM2	412.36	45.82	483.35	357.27	11.5	101
9010SM2	412.36	45.82	483.35	357.27	0.00	106
7030AM2	320.72	137.46	483.35	335.17	11.5	107
7030SM2	320.72	137.46	483.35	335.17	0.00	108
5050AM2	229.09	229.09	483.35	325.17	11.5	109
5050SM2	229.09	229.09	483.35	325.17	0.00	107
3070AM2	137.45	320.73	483.35	315.17	11.5	107
3070SM2	137.45	320.73	483.35	315.17	0.00	105



8. DISEÑO Y PROPIEDADES FÍSICO – MECÁNICAS DEL MORTERO DE RECUBRIMIENTO PARA PANELES

ELABORACIÓN DE MEZCLAS Y CUBOS DE MORTERO

270 ESPECÍMENES

Id.	Número de especímenes a fabricarse					
	1 día	3 días	7 días	28 días	50 días	Total
MP1	3	3	3	3	3	15
9010AM1	3	3	3	3	3	15
9010SM1	3	3	3	3	3	15
7030AM1	3	3	3	3	3	15
7030SM1	3	3	3	3	3	15
5050AM1	3	3	3	3	3	15
5050SM1	3	3	3	3	3	15
3070AM1	3	3	3	3	3	15
3070SM1	3	3	3	3	3	15
MP2	3	3	3	3	3	15
9010AM2	3	3	3	3	3	15
9010SM2	3	3	3	3	3	15
7030AM2	3	3	3	3	3	15
7030SM2	3	3	3	3	3	15
5050AM2	3	3	3	3	3	15
5050SM2	3	3	3	3	3	15
3070AM2	3	3	3	3	3	15
3070SM2	3	3	3	3	3	15

ELABORACIÓN DE MEZCLAS

NTE INEN 155 “Cemento hidráulico. Mezclado mecánico de pastas y morteros de consistencia plástica”



FLUJO DE LAS MEZCLAS

NTE INEN 2502 “Cemento hidráulico. Determinación del flujo en morteros”



ELABORACIÓN DE CUBOS

NTE INEN 488 “Cemento hidráulico. Determinación de la resistencia a la compresión de morteros en cubos de 50 mm de arista”



CURADO DE LOS CUBOS

temperatura de 23°C ± 2°C norma ASTM C511





8. DISEÑO Y PROPIEDADES FÍSICO – MECÁNICAS DEL MORTERO DE RECUBRIMIENTO PARA PANELES

PROPIEDADES FISICO – MECÁNICAS DE LOS MORTEROS

DIMENSIONES



Medidas centrales
CALIBRADOR

MASA



1, 3, 7, 28, 50 días

DENSIDAD

$$\delta m = \frac{m}{V}$$

RESISTENCIA A COMPRESIÓN NTE INEN 488



$$f_m = \frac{P}{A}$$

F_m: Resistencia a la compresión del mortero [MPa]

P: Carga total máxima de falla en el mortero [N]

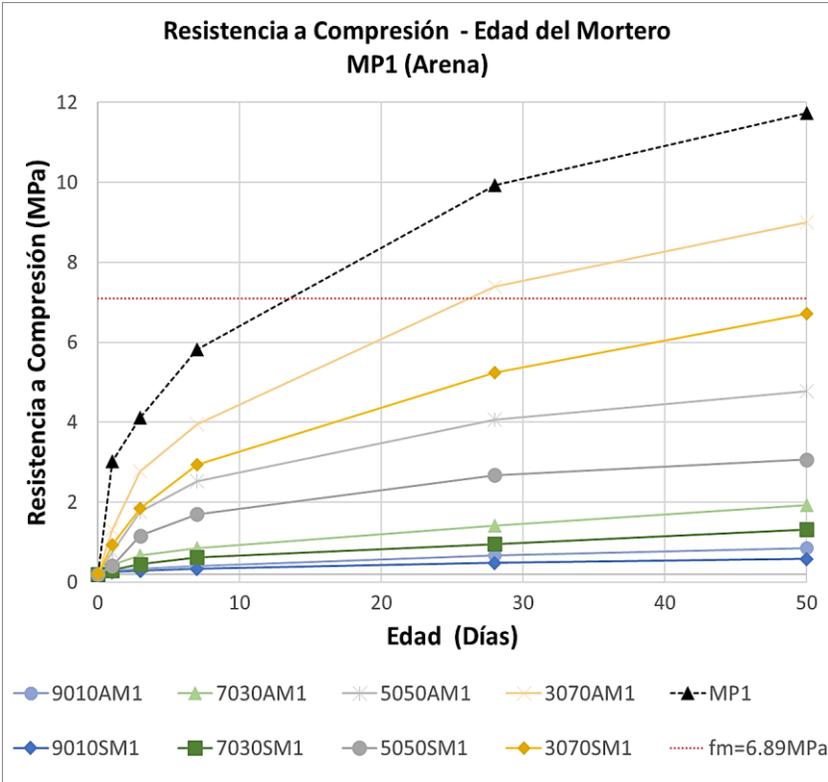
A: Área de la sección transversal del cubo a la que se aplica la carga [mm²]



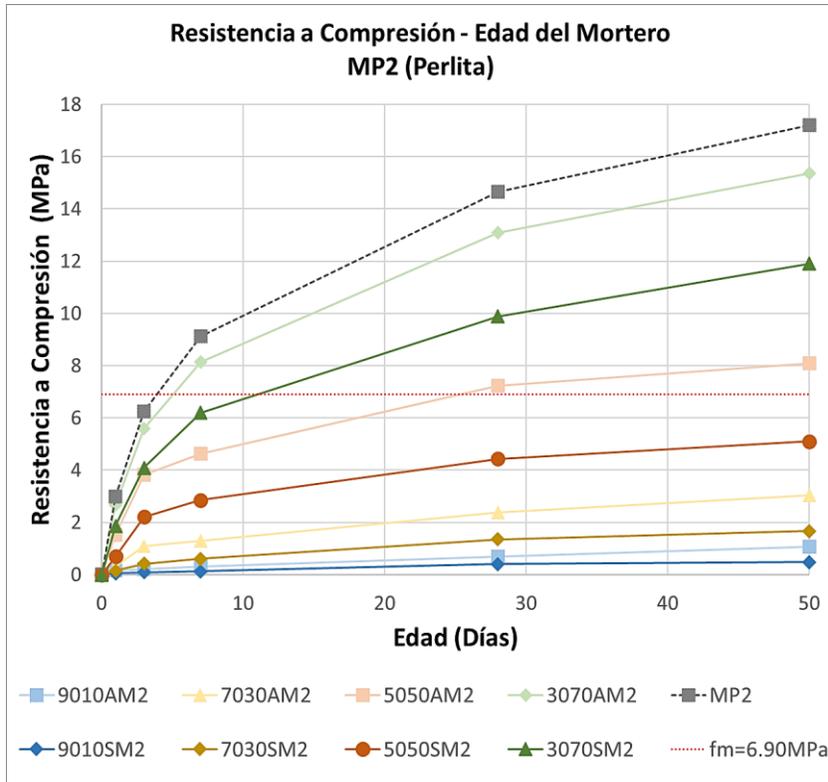


8. DISEÑO Y PROPIEDADES FÍSICO – MECÁNICAS DEL MORTERO DE RECUBRIMIENTO PARA PANELES

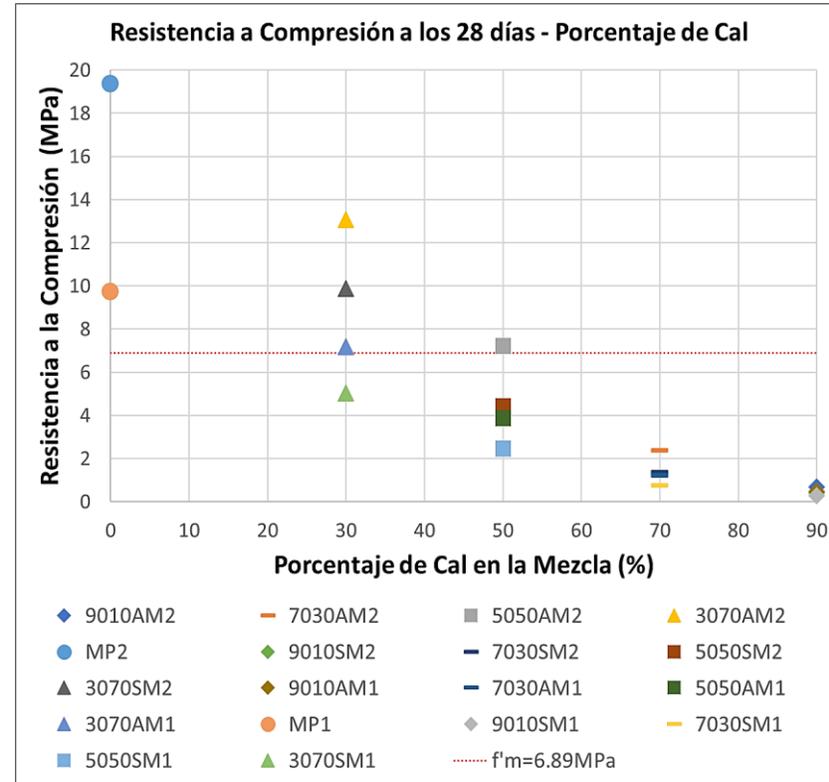
RESULTADOS



3070AM1



3070AM2 – 3070SM2 – 5050AM2



3070AM1 – 5050AM2



8. DISEÑO Y PROPIEDADES FÍSICO – MECÁNICAS DEL MORTERO DE RECUBRIMIENTO PARA PANELES

RESULTADOS

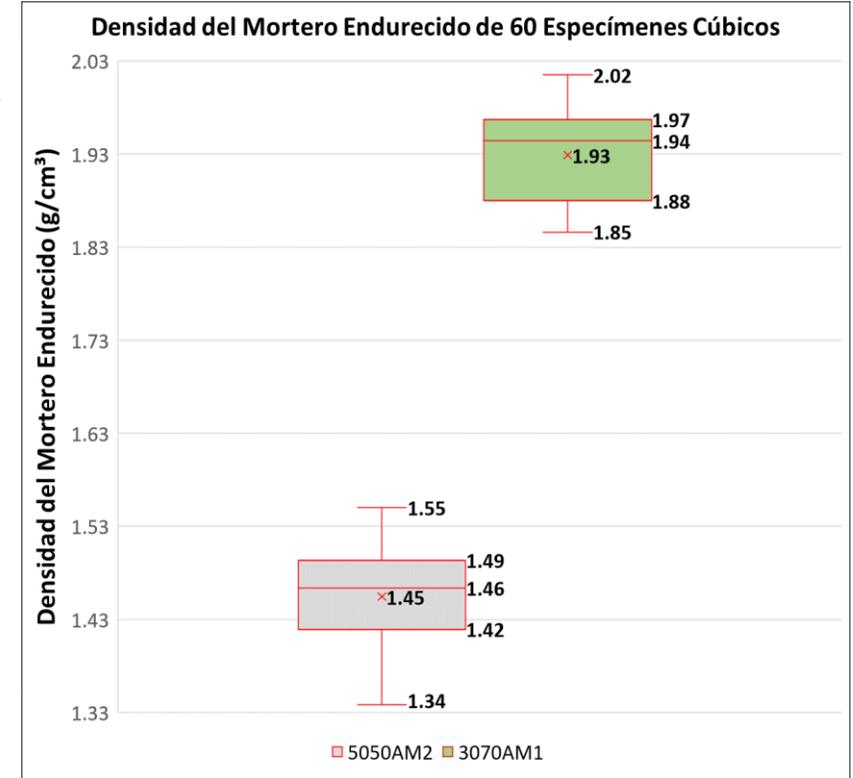
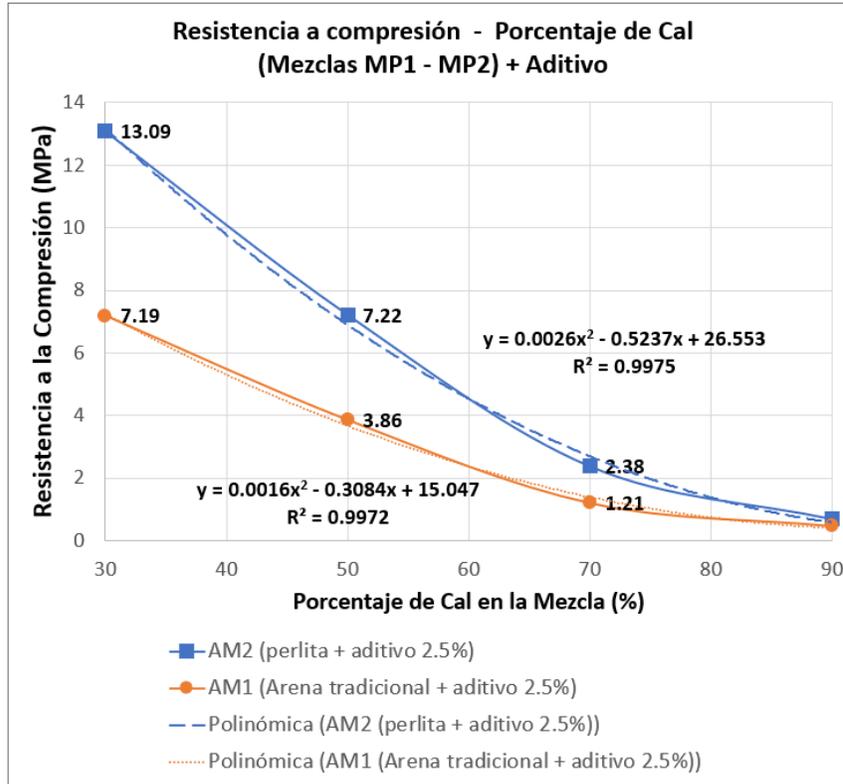
$$f_{mP_1} = 0.0016(\%Cal)^2 - 0.3084(\%Cal) + 15.047$$

fmP1: Resistencia a la compresión de las mezclas AM1 (arena+cal+cemento+aditivo) [MPa].

fmP2: Resistencia a la compresión de las mezclas AM2 (perlita+cal+cemento+aditivo) [MPa].

$$f_{mP_2} = 0.0026(\%Cal)^2 - 0.5237(\%Cal) + 26.553$$

%Cal: Porcentaje de cal en las mezclas que se sustituye por el cemento.



5050AM2



9. DISEÑO Y PROPIEDADES FÍSICO – MECÁNICAS DE PANELES A BASE DE PAJA DE ARROZ

CONFIGURACIÓN DEL PANEL

PROPIEDADES DE MATERIALES

PAJA DE ARROZ	
Propiedad	Valor
Densidad (kg/m ³)	84.00
Contenido de Humedad (%)	13.00

MORTERO 5050AM2 (CAL – CEMENTO)	
Propiedad	Valor
Densidad (g/cm ³)	1.45
Resistencia a compresión fm (MPa)	7.22
Módulo de elasticidad Ec (MPa)	12628.93
Coefficiente de Poisson v	0.20
Módulo de Corte G (MPa)	5262.05

MARCO DE MADERA (LAUREL)

Propiedades físico - mecánicas	Valor
Clase resistente	C16
Densidad (g/cm ³)	0.37
Módulo de elasticidad E0 (MPa)	8000
Módulo de cortante principal G (MPa)	500
Resistencia a flexión fm,k (MPa)	16
Resistencia a tracción 0 ft0 (MPa)	10
Resistencia a tracción 90 ft90 (MPa)	0.5
Resistencia a compresión 0, fc0 (MPa)	17
Resistencia a compresión 90, fc90 (MPa)	2.2
Resistencia a constante fv (MPa)	1.8

DIMENSIONES DE PANELES



PANEL
ESPESOR = 0.35 CM
LARGO, ALTO = 120 CM
ENSAYOS
COMPRESIÓN (ASTM C1314)
TENSÍODIAGONAL (ASTM E519)

FORMA Y ELEMENTOS



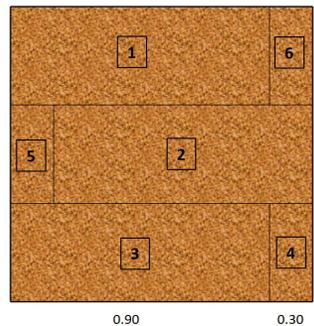
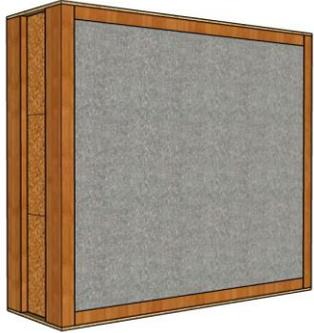
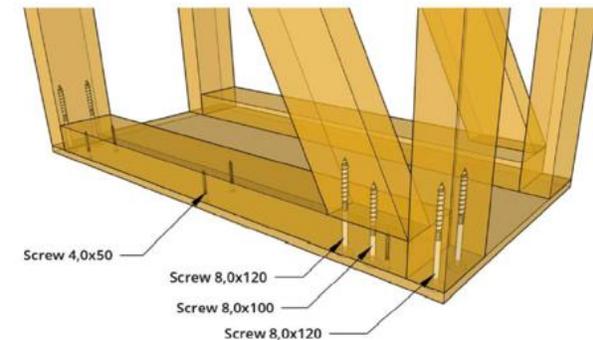
PANEL ESTANDAR

8 ELEMENTOS
DIMENSIONES: 45x95x1200mm

2 TABLEROS CONTRACHAPADOS
DIMENSIONES: 1200x1200mm

RELLENO PAJA DE ARROZ

UNIONES





9. DISEÑO Y PROPIEDADES FÍSICO – MECÁNICAS DE PANELES A BASE DE PAJA DE ARROZ

PROCESO CONSTRUCTIVO DE LOS PANELES

1. Obtención de la madera



2. Conformado de elementos



3. Tapa inferior y superior



4. Espigas en elementos



5. Encuadre de marcos



6. Montaje de tapas



7. Colocación de tornillos, montaje final de marcos





9. DISEÑO Y PROPIEDADES FÍSICO – MECÁNICAS DE PANELES A BASE DE PAJA DE ARROZ

PROPIEDADES FÍSICO – MECÁNICAS EN PANELES

ESPECÍMENES

9 PANELES (COMPRESIÓN)

Ensayo a compresión de paneles		
Id.	Composición del panel	Cantidad
MC1	Marco de madera + paja + recubrimiento	3
MC2	Marco de madera + paja	3
MC3	Marco de madera	3

9 PANELES (TENSIÓN DIAGONAL)

Ensayo a tensión diagonal de paneles		
Id.	Composición del panel	Cantidad
MT1	Marco de madera + paja + recubrimiento	3
MT2	Marco de madera + paja	3
MT3	Marco de madera	3

NORMATIVA



DIMENSIONES

PAJA + MARCO + MORTERO

Ensayo	Id.	Dimensiones		
		Altura cm	Largo cm	Ancho cm
Compresión axial	MC1 - 1	120.00	120.00	35.20
	MC1 - 2	120.00	120.00	35.40
	MC1 - 3	120.00	120.00	34.50
Tensión diagonal	MT1 - 1	120.00	120.00	35.20
	MT1 - 2	120.00	120.00	35.20
	MT1 - 3	120.00	120.00	35.20

PAJA + MARCO

Ensayo	Id.	Dimensiones		
		Altura cm	Largo cm	Ancho cm
Compresión axial	MC2 - 1	120.00	120.00	35.00
	MC2 - 2	120.00	120.00	35.00
	MC2 - 3	120.00	120.00	35.00
Tensión diagonal	MT2 - 1	120.00	120.00	35.10
	MT2 - 2	120.00	120.00	35.20
	MT2 - 3	120.00	120.00	35.30

PAJA + MARCO

Ensayo	Id.	Dimensiones		
		Altura cm	Largo cm	Ancho cm
Compresión axial	MC3 - 1	120.00	120.00	35.00
	MC3 - 2	120.00	120.00	35.00
	MC3 - 3	120.00	120.00	35.00
Tensión diagonal	MT3 - 1	120.00	120.00	35.30
	MT3 - 2	120.00	120.00	35.20
	MT3 - 3	120.00	120.00	35.10

MASA

Ensayo	Id.	Masa
		kg
Compresión axial	MC1 - 1	152.20
	MC1 - 2	150.00
	MC1 - 3	149.65
Tensión diagonal	MT1 - 1	153.60
	MT1 - 2	151.00
	MT1 - 3	148.20

Masa = 150.78 kg

Ensayo	Id.	Masa
		kg
Compresión axial	MC2 - 1	67.20
	MC2 - 2	73.90
	MC2 - 3	71.30
Tensión diagonal	MT2 - 1	69.20
	MT2 - 2	70.90
	MT2 - 3	72.30

Masa = 70.80 kg

Ensayo	Id.	Masa
		kg
Compresión axial	MC3 - 1	29.80
	MC3 - 2	31.30
	MC3 - 3	28.90
Tensión diagonal	MT3 - 1	30.30
	MT3 - 2	29.70
	MT3 - 3	31.20

Masa = 30.20 kg





9. DISEÑO Y PROPIEDADES FÍSICO – MECÁNICAS DE PANELES A BASE DE PAJA DE ARROZ

PROPIEDADES FÍSICO – MECÁNICAS EN PANELES
“RESISTENCIA A COMPRESIÓN”

NTE INEN 3153 “Ensayo a Compresión en Muretes”
ASTM C1314 “Compressive Strength of Masonry Prisms ”

Esfuerzo a Compresión

$$f_m = \frac{P}{A}$$

Factores de Corrección por Esbeltez

hp/tp	1.30	1.50	2.00	2.50	3.00	4.00	5.00
Factor de corrección	0.75	0.86	1.00	1.04	1.07	1.15	1.22

Corrección del Esfuerzo a Compresión

$$f_{mt} = \frac{P}{A} * C_m$$

Módulo de Elasticidad (Cuerda Tangente)

$$E_m = \frac{\sigma_2 - \sigma_1}{\epsilon_2 - 0.00005}$$

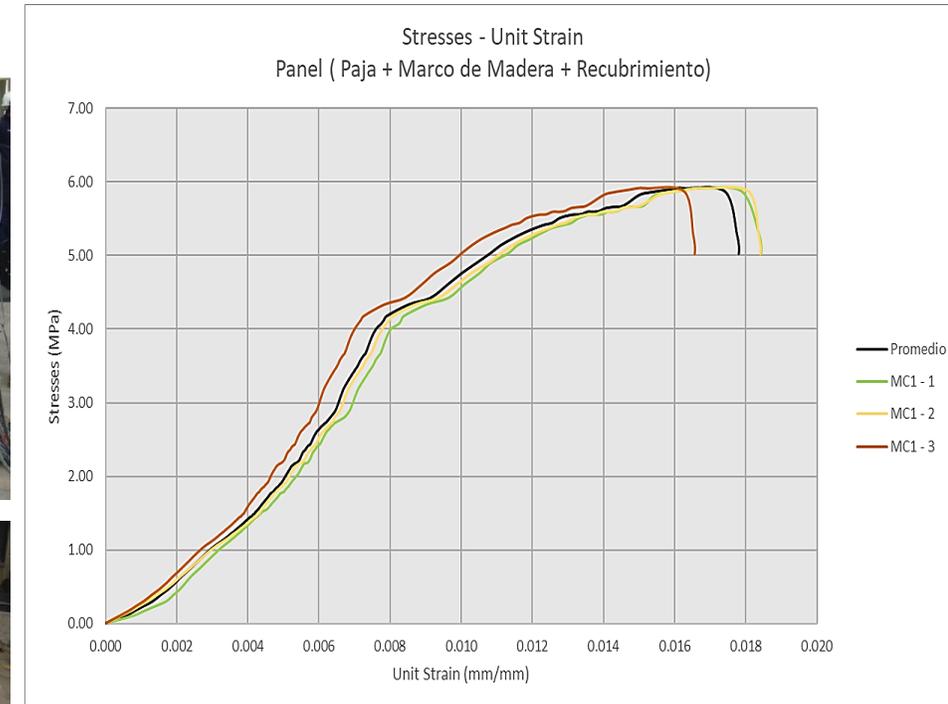
Em = Módulo de elasticidad del panel [MPa].

σ2 = Esfuerzo a axial a compresión al 40% de la carga máxima [MPa].

σ1 = Esfuerzo a axial a compresión para una deformación unitaria de 0.00005 [MPa].

ε2 = Deformación unitaria obtenida para σ2 [MPa].

**PANEL
PAJA + MARCO + MORTERO**



f_{mt} = 5.92 MPa

E_m = 424.08 MPa



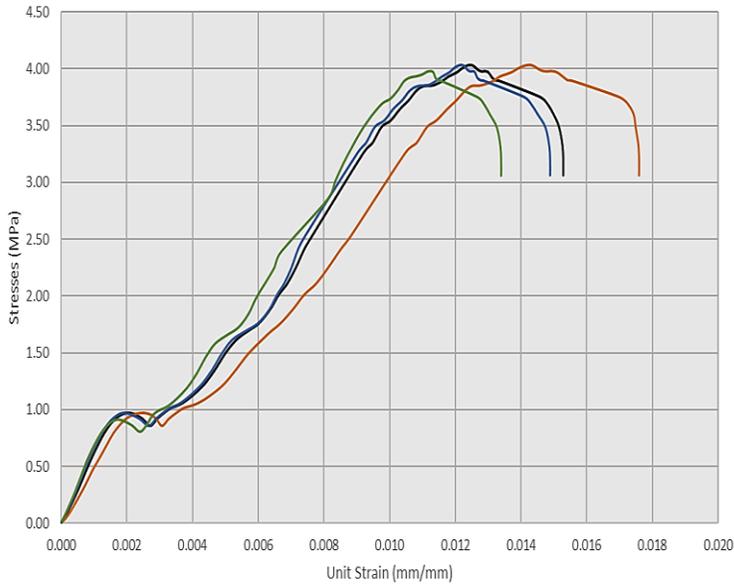
9. DISEÑO Y PROPIEDADES FÍSICO – MECÁNICAS DE PANELES A BASE DE PAJA DE ARROZ

PROPIEDADES FÍSICO – MECÁNICAS EN PANELES
"RESISTENCIA A COMPRESIÓN"

NTE INEN 3153 "Ensayo a Compresión en Muretes"
ASTM C1314 "Compressive Strength of Masonry Prisms "

PANEL
PAJA + MARCO

Stresses - Unit Strain
Panel (Paja + Marco de Madera)



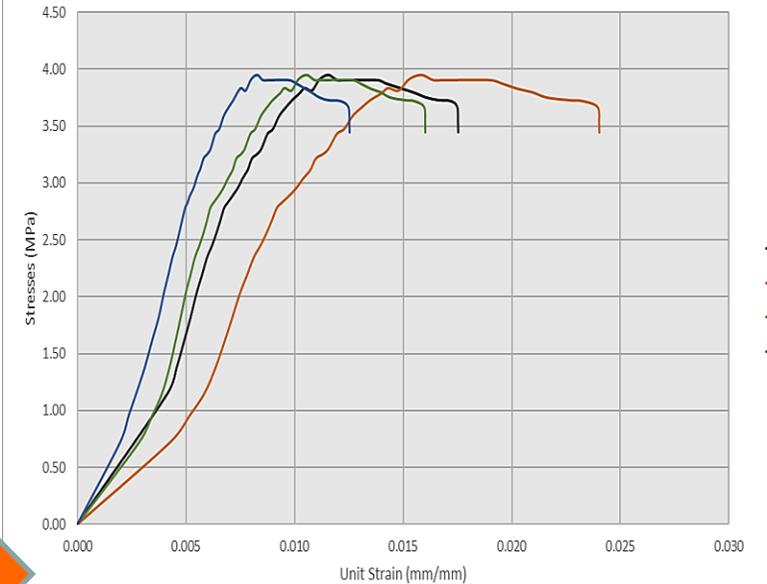
fmt = 4.03 MPa

Em = 303.33 MPa



PANEL
MARCO DE MADERA

Stresses - Unit Strain
Panel (Marco de Madera)



fmt = 3.96 MPa

Em = 351.65 MPa



9. DISEÑO Y PROPIEDADES FÍSICO – MECÁNICAS DE PANELES A BASE DE PAJA DE ARROZ

PROPIEDADES FÍSICO – MECÁNICAS EN PANELES
“RESISTENCIA A TENSIÓN DIAGONAL”

NEC – SE - MP “Mampostería Estructural”
ASTM E519 “Diagonal Tension (Shear) in Mansory Assemblages”

Esfuerzo por Tensión Diagonal

$$S_s = \frac{0.707P}{A_n}$$

$$A_n = \left(\frac{w + h}{2}\right) tn$$

Deformaciones Angulares

$$\gamma = \frac{\Delta V + \Delta H}{g}$$

Módulo de Corte (Cuerda Tangente)

$$G_m = \frac{\tau_2 - \tau_1}{\gamma_2 - 0.00005}$$

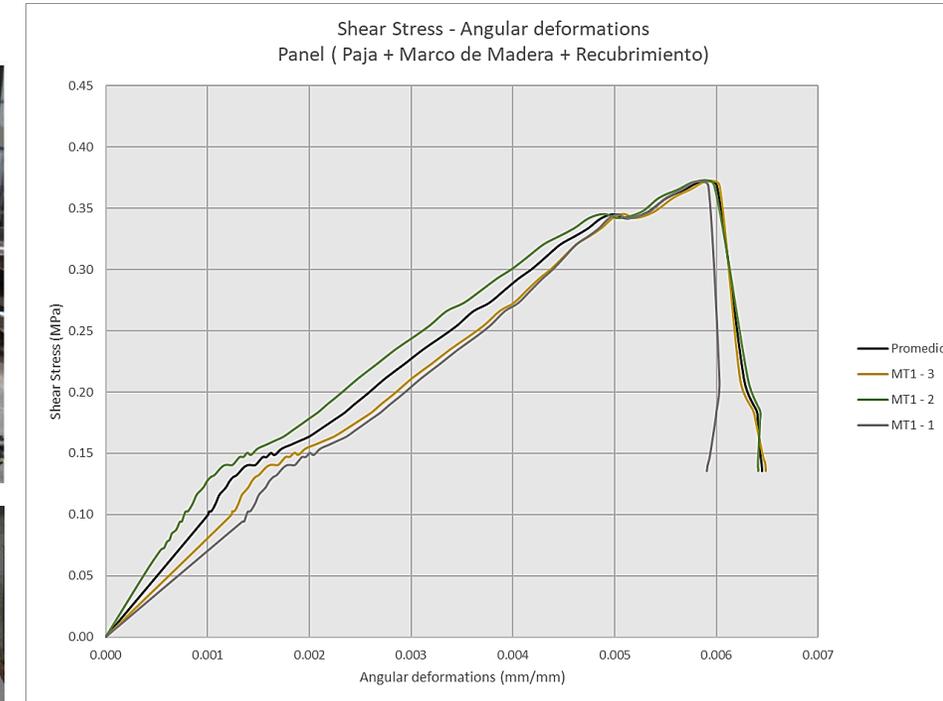
G_m = Módulo de rigidez a corte [MPa].

τ_2 = Esfuerzo a corte al 40% de la carga máxima [MPa].

τ_1 = Esfuerzo a corte para una deformación unitaria de 0.00005 [MPa].

γ_2 = Deformación angular obtenida para τ_2 [MPa].

**PANEL
PAJA + MARCO + MORTERO**



$S_s = 0.38$ MPa

$G_m = 157.11$ MPa



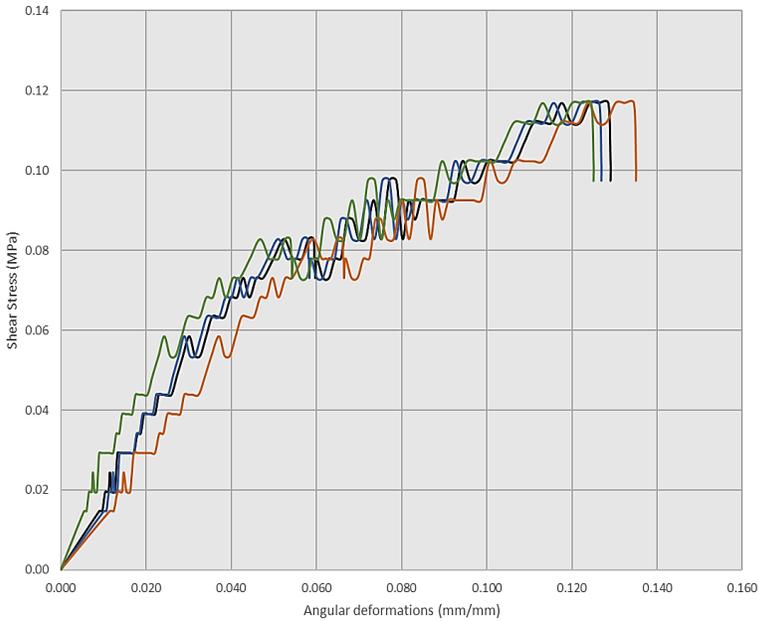
9. DISEÑO Y PROPIEDADES FÍSICO – MECÁNICAS DE PANELES A BASE DE PAJA DE ARROZ

PROPIEDADES FÍSICO – MECÁNICAS EN PANELES
“RESISTENCIA A TENSION DIAGONAL”

NEC – SE - MP “Mampostería Estructural”
ASTM E519 “Diagonal Tension (Shear) in Mansory Assemblages”

PANEL
PAJA + MARCO

Shear Stress - Angular deformations
Panel (Paja + Marco de Madera)



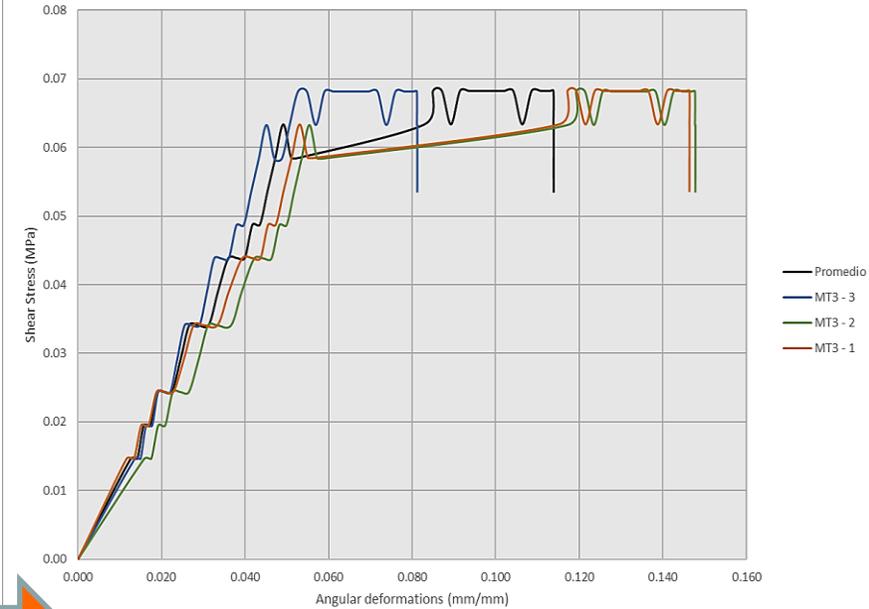
$S_s = 0.12 \text{ MPa}$

$G_m = 1.81 \text{ MPa}$



PANEL
MARCO DE MADERA

Shear Stress - Angular deformations
Panel (Marco de Madera)



$f_{mt} = 0.07 \text{ MPa}$

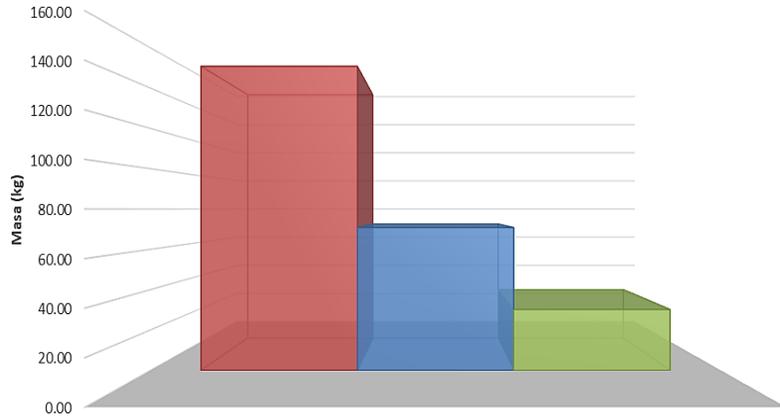
$E_m = 1.09 \text{ MPa}$



9. DISEÑO Y PROPIEDADES FÍSICO – MECÁNICAS DE PANELES A BASE DE PAJA DE ARROZ

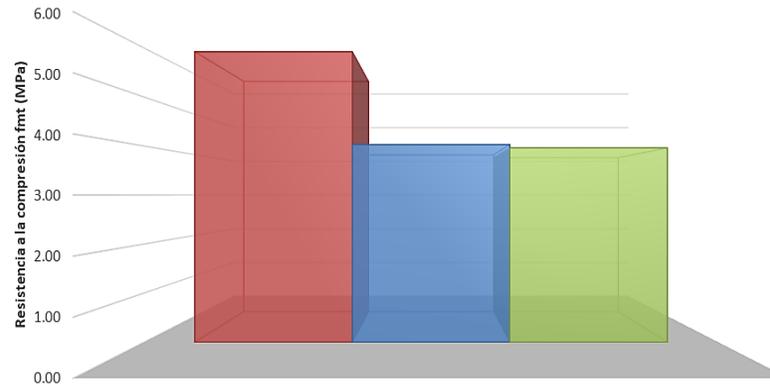
ANÁLISIS DE RESULTADOS

Masa de Paneles Elaborados a Base de Paja de Arroz



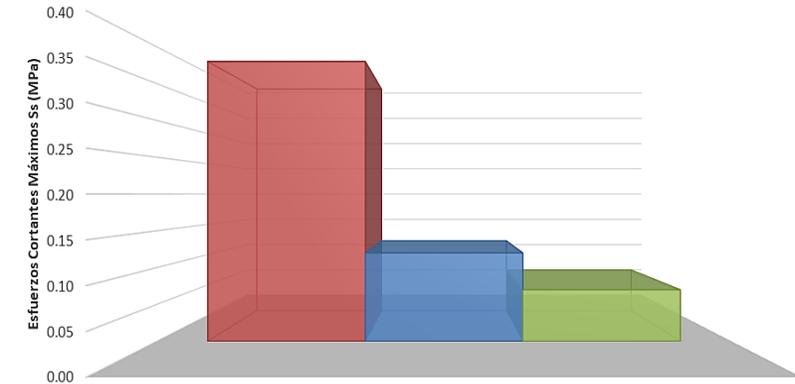
	Masa (kg)
MC1 - MT1 (Marcos de Madera + Paja + Recubrimiento)	150.78
MC2 - MT2 (Marcos de Madera + Paja)	70.80
MC3 - MT3 (Marcos de Madera)	30.20

Resistencia a la Compresión de Paneles Elaborados a Base de Paja de Arroz



	Resistencia a la Compresión f _{mt} (MPa)
MC1 (Marcos de Madera + Paja + Recubrimiento)	5.92
MC2 (Marcos de Madera + Paja)	4.03
MC3 (Marcos de Madera)	3.96

Esfuerzos Cortantes Máximos de Paneles Elaborados a Base de Paja de Arroz



	Esfuerzos Cortantes Máximos S _s (MPa)
MC1 (Marcos de Madera + Paja + Recubrimiento)	0.38
MC2 (Marcos de Madera + Paja)	0.12
MC3 (Marcos de Madera)	0.07

El mortero >>> 53%
La Paja >>> 57%

PANEL
Mortero 53%
Paja 27%
Marco 20%

El mortero >>> 31.92% (1.89 MPa)

Paja >>> 1.74% (0.07 MPa)

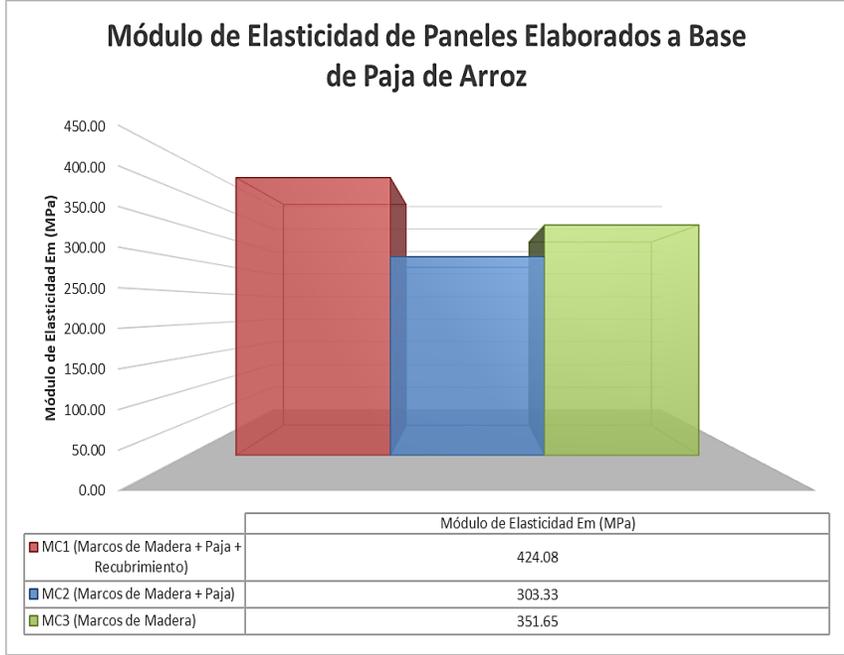
El mortero >>> 68.00% (0.26 MPa)

Paja >>> 42% (0.05 MPa)



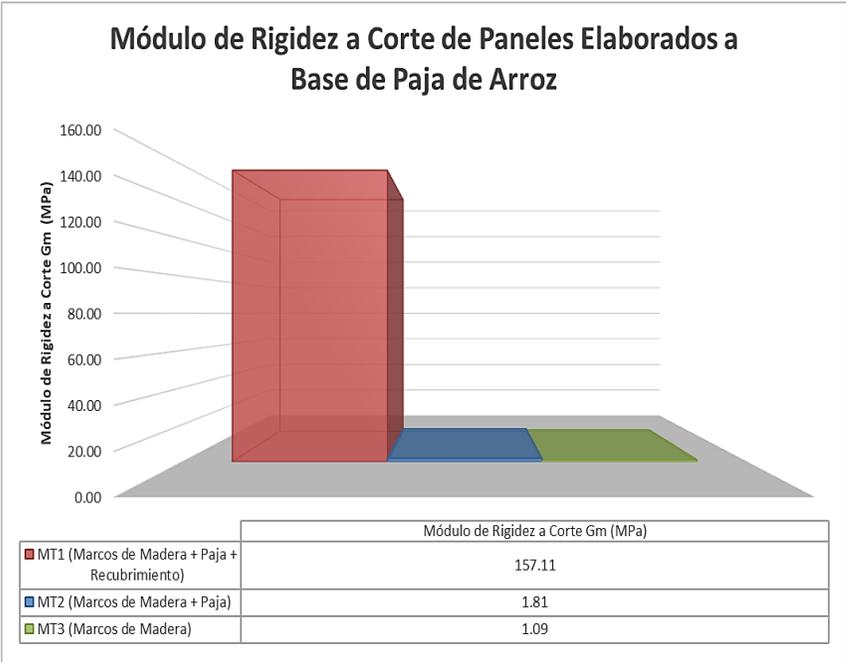
9. DISEÑO Y PROPIEDADES FÍSICO – MECÁNICAS DE PANELES A BASE DE PAJA DE ARROZ

ANÁLISIS DE RESULTADOS



El mortero >>> 28.50% (120.75 MPa) (>>>Rigidez)

Paja <<< 13.74% (48.32 MPa) (>>>Flexibilidad)



El mortero >>> 99.99% (155.30 MPa) (>>>Rigidez)

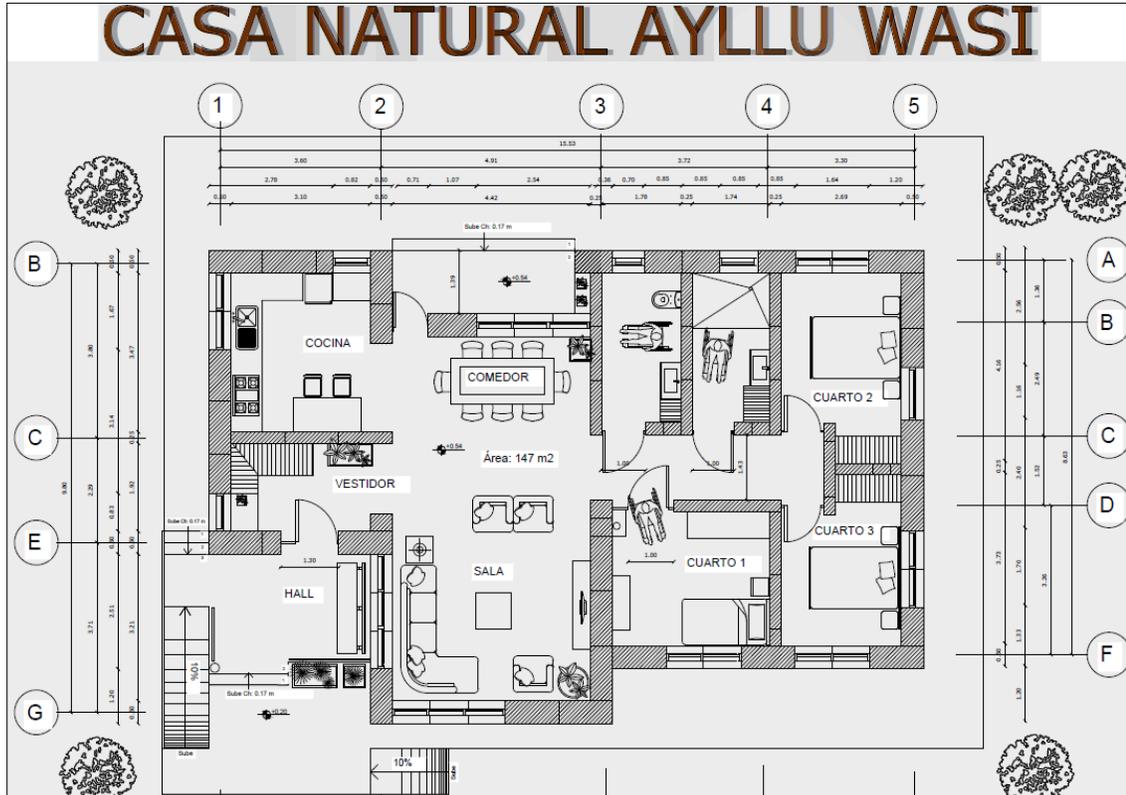
Paja >>> 40.00% (0.72MPa) (>>>Rigidez)



10. EVALUACIÓN ESTRUCTURAL DE PANELES PREFABRICADOS DE PAJA DE ARROZ EN EDIFICACIONES DE HASTA 3 PISOS

PROPIEDADES GEOMÉTRICAS DE LA EDIFICACIÓN

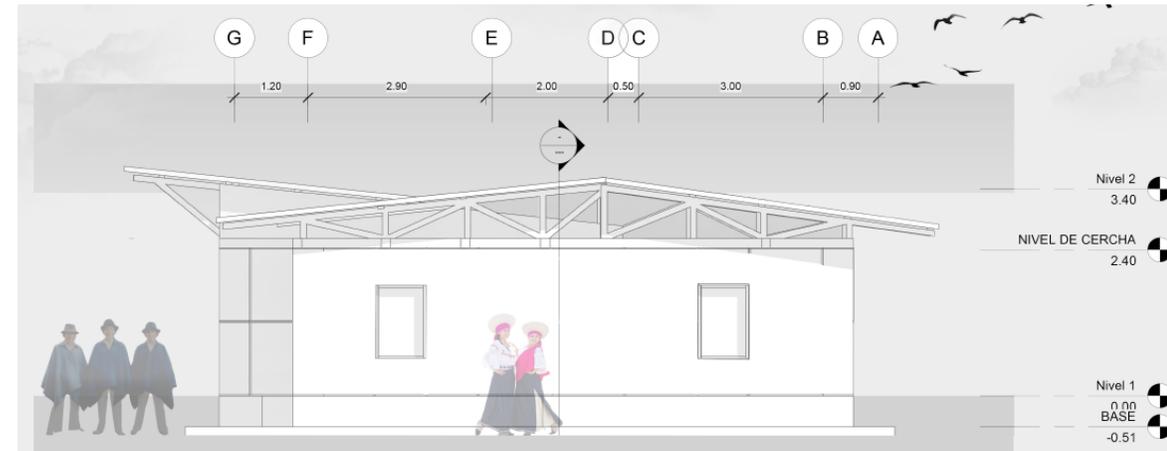
VISTA EN PLANTA



Ubicación
Provincia: Guayas
Ciudad: Guayaquil

Geometría
Ancho: 8.50 m ; Largo: 15.60 m
Altura de entre piso: 2.40 m

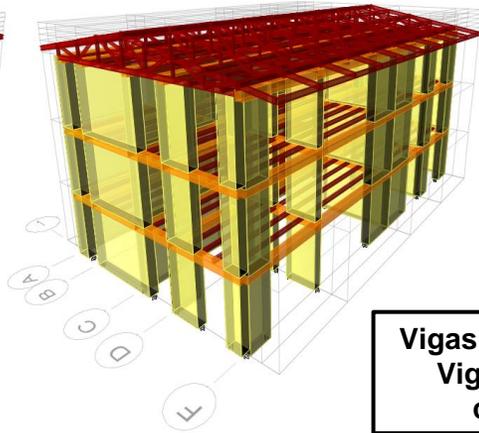
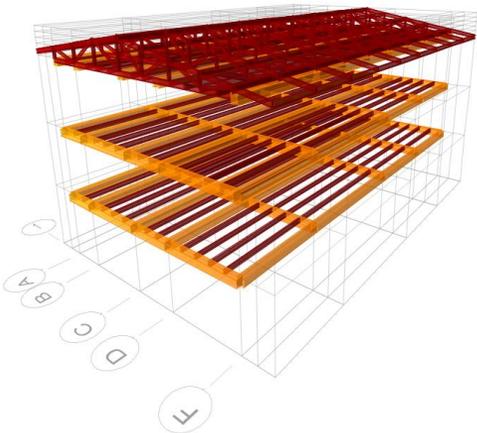
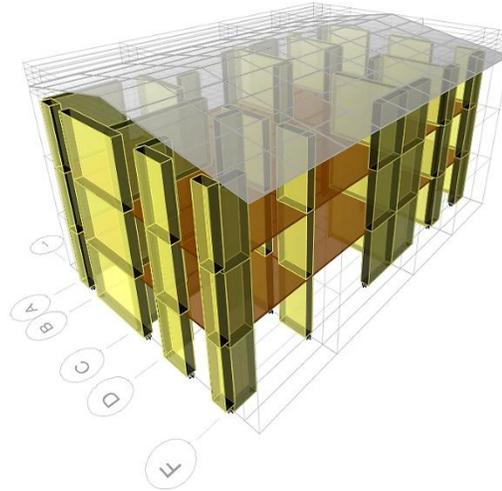
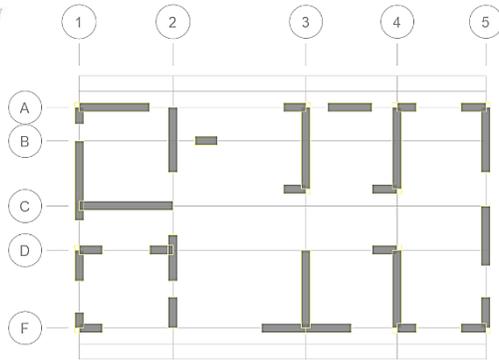
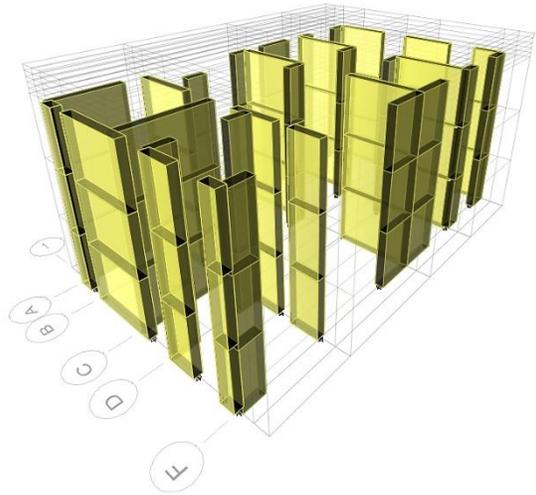
VISTA FRONTAL





10. EVALUACIÓN ESTRUCTURAL DE PANELES PREFABRICADOS DE PAJA DE ARROZ EN EDIFICACIONES DE HASTA 3 PISOS

MODELO PROGRAMA ESTRUCTURAL



Vigas Principales = 250 x 250 mm
Vigas Secundarias, correas, cerchas = 65 x 140 mm

Cubierta de fibrocemento e = 1.2 cm
ULTIMO NIVEL

Entablados de piso e = 3.5 cm
N+2.40 m, N+2.80 m

PROPIEDADES FISICO – MÉCANICAS DE LOS MATERIALES

PANELES PAJA DE ARROZ

Propiedad	Valor
Densidad (kg/m ³)	298.16
Resistencia a Compresión (MPa)	5.92
Módulo de Elasticidad (MPa)	424.08
Módulo de Rigidez a Corte (MPa)	157.11
Coefficiente de Poisson	0.35

ELEMENTOS DE MADERA TIPO B

Propiedad	Valor
Densidad (kg/m ³)	700.00
Módulo de Elasticidad (MPa)	7499.15
Módulo de Rigidez a Corte (MPa)	2884.29
Coefficiente de Poisson	0.30

CUBIERTA DE FIBROCEMENTO

Propiedad	Valor
Densidad (kg/m ³)	1614.58
Módulo de Elasticidad (MPa)	24855.58
Módulo de Rigidez a Corte (MPa)	10356.49
Coefficiente de Poisson	0.20



10. EVALUACIÓN ESTRUCTURAL DE PANELES PREFABRICADOS DE PAJA DE ARROZ EN EDIFICACIONES DE HASTA 3 PISOS

EVALUACIÓN ESTRUCTURAL

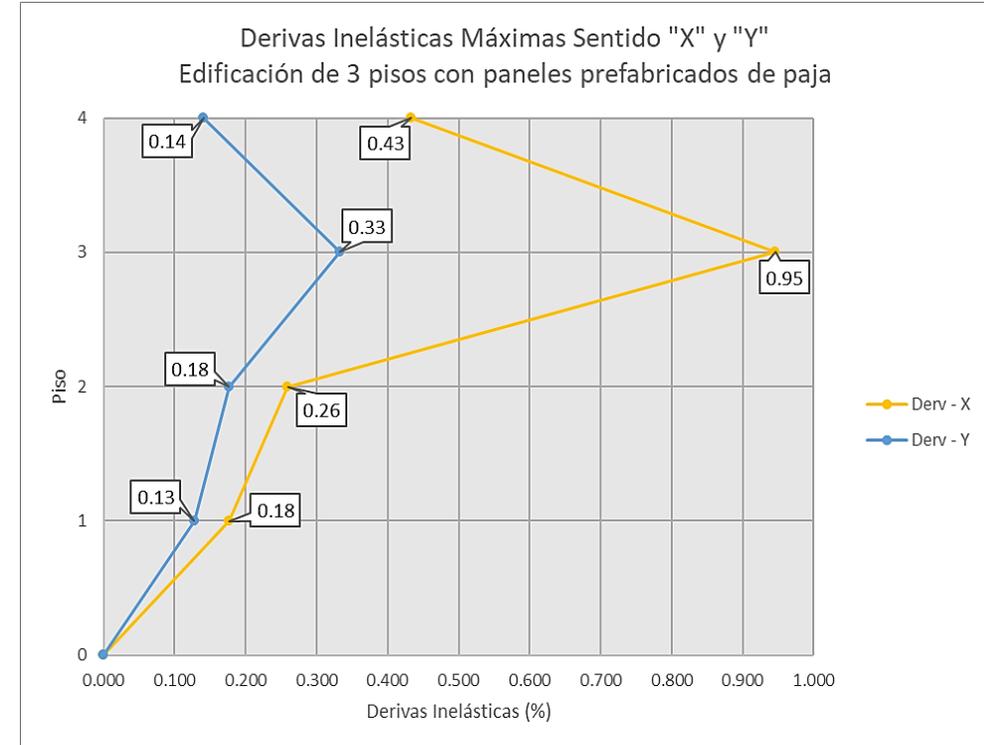
PARTICIPACIÓN MODAL

Modo	UX	UY	RZ	SumUX	SumUY	SumRZ
1	78.33%	0.08%	0.24%	78.33%	0.08%	0.24%
2	0.06%	78.11%	1.24%	78.40%	78.19%	1.49%
3	0.15%	1.23%	79.23%	78.55%	79.43%	80.71%
4	13.51%	0.00%	0.20%	92.06%	79.43%	80.91%
5	0.05%	13.71%	2.28%	92.10%	93.14%	83.19%
6	0.43%	2.67%	11.57%	92.53%	95.81%	94.76%
7	4.86%	0.02%	0.59%	97.40%	95.83%	95.35%
8	0.18%	0.02%	0.08%	97.57%	95.86%	95.43%
9	0.00%	0.40%	0.00%	97.57%	96.26%	95.43%

PERIODO DE VIBRACIÓN

Modo	Periodo
1	0.21
2	0.17
3	0.14
4	0.08
5	0.06
6	0.05
7	0.04
8	0.04
9	0.04

DERIVAS DE PISO

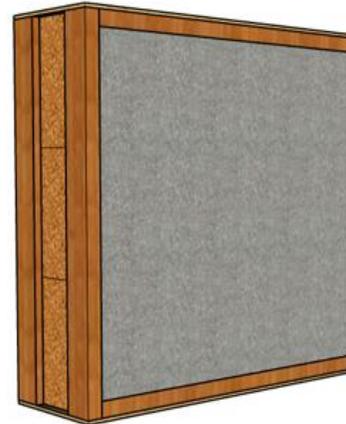
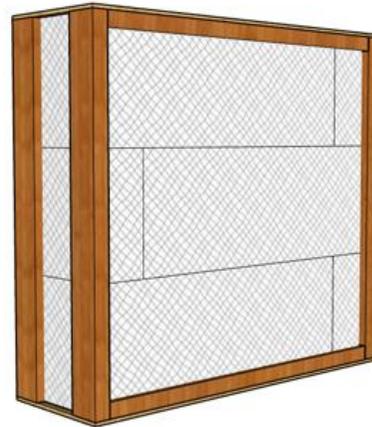
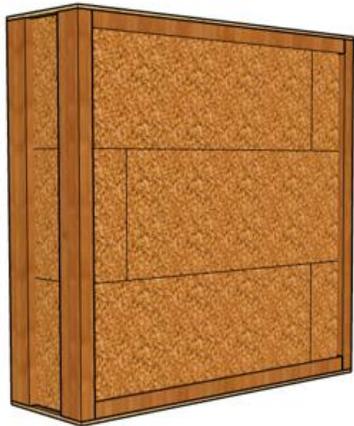
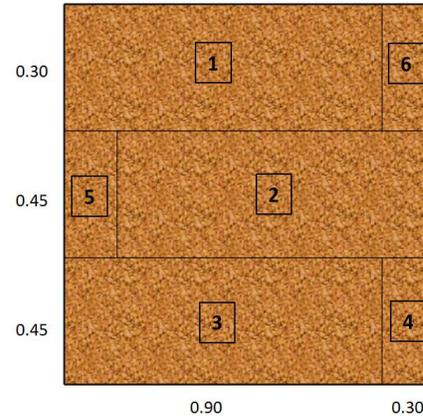


Piso	Altura	$\Delta E-X$	$\Delta E-Y$	$\Delta M-X$	$\Delta M-Y$
	m	m	m	%	%
Piso 4	8.20	0.00193	0.00063	0.43335	0.14085
Piso 3	7.20	0.00420	0.00148	0.94590	0.33233
Piso 2	4.80	0.00115	0.00078	0.25943	0.17618
Piso 1	2.40	0.00079	0.00057	0.17730	0.12758



11. ANÁLISIS ECONÓMICO COMPARATIVO EDIFICACIÓN CON PANELES PREFABRICADOS DE PAJA VS SISTEMA TRADICIONAL

APU, "Paneles estructurales de paja de arroz de e = 0.35 m, Incluye Montaje y Mortero e = 2.5 cm

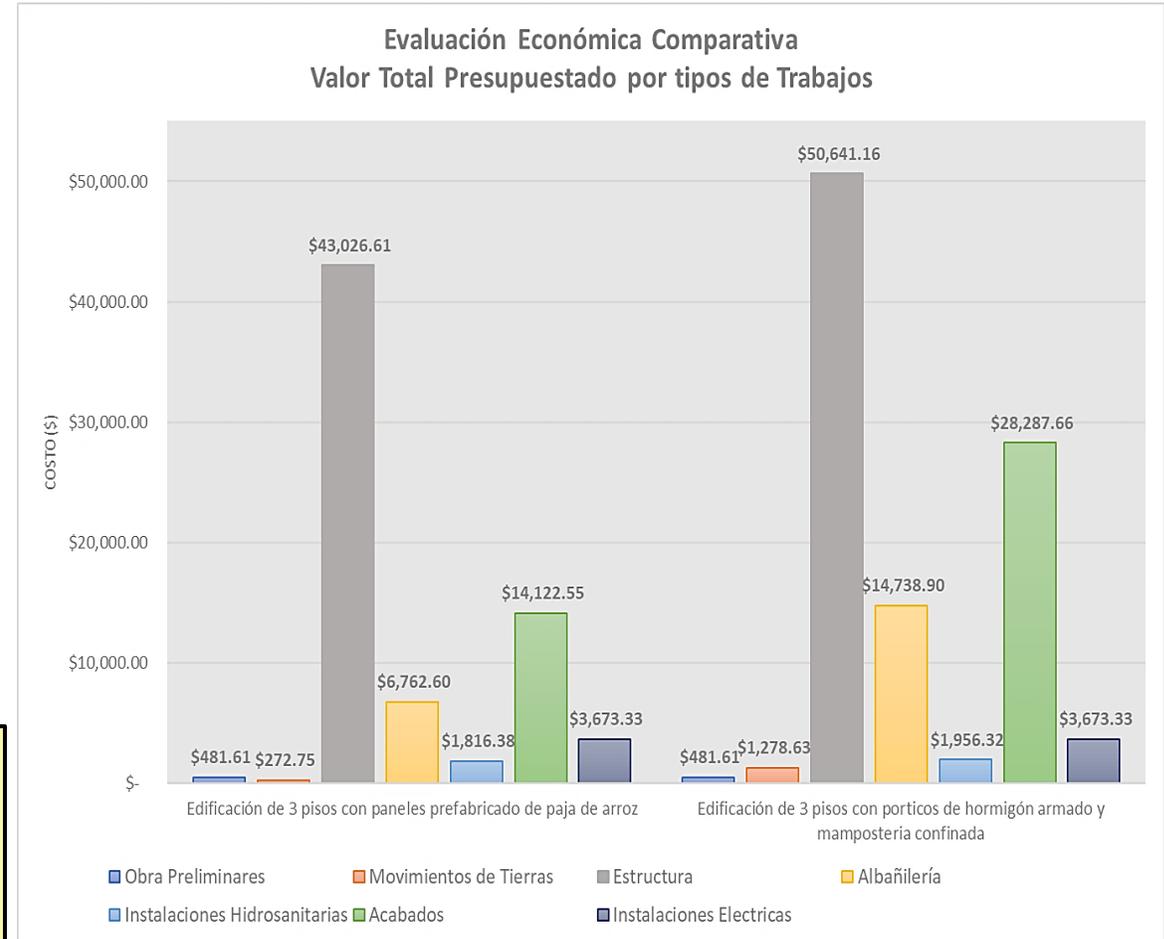
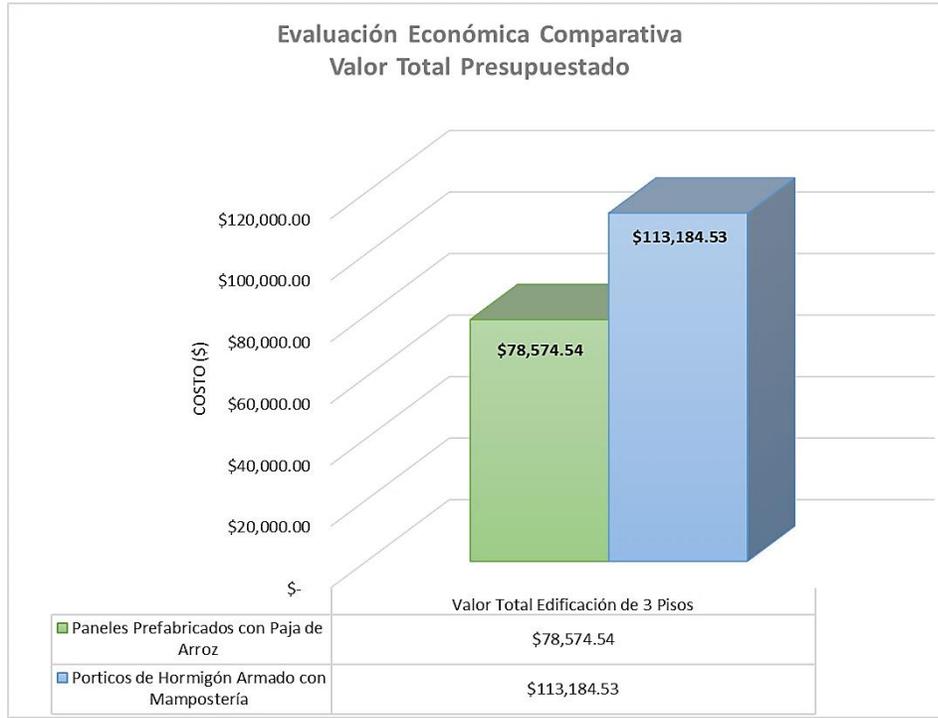


DESCRIPCIÓN:	PANELES ESTRUCTURALES DE PAJA DE ARROZ DE E = 0.35 m, INCLUYE MONTAJE Y MORTERO DE E=2.5 cm			UNIDAD	m2
EQUIPO Y HERRAMIENTAS	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
HERRAMIENTA MENOR 5% M.O.					0.41
TECLE MECÁNICO	1.00	0.55	0.55	0.50	0.28
SUBTOTAL M					0.68
MANO DE OBRA	CANTIDAD	JORNAL/HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
PEON	2.00	4.05	8.10	0.50	4.05
ALBAÑIL	1.00	4.10	4.10	0.50	2.05
OPERADOR DE EQUIPO LIVIANO	1.00	4.10	4.10	0.50	2.05
SUBTOTAL N					8.15
MATERIALES	UNIDAD	CANTIDAD	P. UNITARIO	COSTO	
FARDO	u	4.00	0.90	3.60	
PIOLA DE POLIPROPILENO A-9	m	49.60	0.02	0.99	
TABLERO CONTRACHAPADO DE MADERA E=1.2CM	m2	0.70	11.75	8.23	
TABLONES DE MADERA	u	2.00	6.00	12.00	
TIRAFONDO HEXAGONAL PARA UNIONES ENTRE PANELES	u	34.00	0.20	6.80	
CEMENTO	kg	10.45	0.16	1.67	
CAL	kg	10.45	0.25	2.61	
AGUA	lt	14.87	0.00072	0.011	
PERLITA	kg	22.10	0.10	2.21	
ADITIVO	kg	0.53	2.70	1.43	
SUBTOTAL O					39.55
TOTAL, COSTO DIRECTO USD (M+N+O)					48.39
INDIRECTOS 20%					9.68
COSTO TOTAL DEL RUBRO					58.06
VALOR OFERTADO					58.06



11. ANÁLISIS ECONÓMICO COMPARATIVO EDIFICACIÓN CON PANELES PREFABRICADOS DE PAJA VS SISTEMA TRADICIONAL

ANÁLISIS ECONÓMICO COMPARATIVO



ANÁLISIS ECONÓMICO COMPARATIVO

- 1.- Obras Preliminares, costos iguales.
- 2.- Movimiento de tierras, construcciones con paja < 5 veces menor que las tradicionales.
- 3.- Estructura, construcciones con paja <<< 15% (\$ 7 614.55) que las tradicionales.
- 4.- Acabados, construcciones con paja <<<50% que las tradicionales.
- 5.- Albañilería, construcciones con paja <<<50% que las tradicionales.
- 6.- Instalaciones hidrosanitarias, electricas, costos iguales.



12. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES

1. La paja obtenida a partir de la cosecha del arroz es un material idóneo para ser utilizado en la construcción de edificaciones al contar con un contenido de humedad por debajo del 20% como lo establece el Código Residencial Internacional IRC 2018 en su apéndice construcciones con paja.
2. El diseño de la máquina enfardadora manual en madera es adecuado, permite la obtención de fardos de 90 cm de largo, 45 cm de ancho y 35 cm de altura acorde al Código Residencial Internacional IRC 2018 y con una densidad aparente superior a 80 kg/m^3 que garantiza su uso en la construcción de edificaciones.
3. La dosificación y mezcla óptima ideal para la obtención del mortero de recubriendo de los paneles elaborados con paja de arroz es la 5050AM2 (50% Cal + 50% Cemento + Aditivo + Perlita), presenta una resistencia a compresión de 7.22 MPa superior a la mínima establecida por el Código Residencial Internacional IRC 2018 de 6.89 MPa, aumentando la resistencia a compresión del panel hasta un 32% y su resistencia a compresión diagonal hasta un 68%.
4. El mortero de recubrimiento a base de cal y cemento elaborado con la mezcla óptima 5050AM2 (50% Cal + 50% Cemento + Aditivo + Perlita) aumenta el módulo de elasticidad del panel (marco de madera + paja) hasta un 29% y el módulo de rigidez a corte hasta un 99% haciéndolo más rígido, mientras que la paja de arroz disminuye el módulo de elasticidad del marco de madera en un 13.74% contribuyendo en su flexibilidad, pero aumenta el módulo de rigidez a corte del mismo hasta un 40.00%.



12. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES

5. La sustitución de la arena tradicional por la perlita en las mezclas permite la obtención de morteros aligerados a base de cal y cemento con una densidad igual a 1.45 g/cm^3 , la cual es inferior en un 25 % a la obtenida en los morteros con arena tradicional, esto es posible a la baja densidad de la perlita que es igual a 0.68 g/cm^3 y que al compararla con la densidad de la arena tradicional es 2.35 veces menor.
6. Los paneles elaborados con paja de arroz, marcos de madera y mortero de recubrimiento a base de cal, cemento y perlita tienen una densidad igual a 298.16 kg/m^3 , módulo de elasticidad de 424.08 MPa, módulo de rigidez a corte de 157.11 MPa y coeficiente de Poisson de 0.35, estos son seguros para utilizarlos en edificaciones de hasta 3 pisos de altura por presentar un adecuado comportamiento estructural cumpliendo con los requisitos mínimos establecidos por la norma NEC – SE – DS “Peligro Sísmico” y el Código Residencial Internacional IRC 2018.
7. Las edificaciones construidas con paneles elaborados con paja de arroz, marcos de madera y mortero de recubrimiento a base de cal, cemento y perlita presentan una reducción en su costo total de construcción hasta en un 34% comparado al costo total obtenido con el sistema tradicional aporticado de hormigón armado y mampostería.
8. El reemplazo del cemento por la cal en las mezclas de morteros y el uso de la paja de arroz en la construcción de edificaciones, garantiza una reducción considerable en el impacto ambiental, debido a la disminución de las emisiones de CO_2 a la atmósfera que genera la industria cementera y la quema de la paja, de esta manera se fomenta el uso de materiales alternativos y sustentables para ser utilizados en el campo de la construcción.



12. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

RECOMENDACIONES

1. Previamente a la construcción de los paneles con paja de arroz se recomienda verificar cuidadosamente si la madera que conforma el marco no se encuentra rajada o fisurada, pues los resultados obtenidos de resistencia a compresión y tensión diagonal de los mismos, pueden verse seriamente afectados obteniéndose de tal manera valores completamente erróneos.
2. Se recomienda el uso de aditivos acelerantes de resistencias en los morteros que contienen cal de producción nacional como la extraída de la calera la Paz, ya que la incorporación de este material a las mezclas retarda los tiempos de fraguado, obteniéndose morteros con resistencias bajas a edades tempranas, que con la adición del aditivo esta puede aumentar hasta un 76%.
3. Antes de la aplicación del mortero de recubrimiento en las caras laterales del panel es recomendable la instalación de una malla metálica hexagonal, ya que está a más de evitar el fisuramiento del mortero también permite una distribución uniforme del mismo, manteniendo un espesor constante en toda su superficie, que sin su colocación no es fácil lograr.
4. Se recomienda en futuras investigaciones la ejecución de ensayos a grande escala con este tipo de paneles, para complementar los resultados obtenidos en el presente estudio y evaluar la posibilidad de crear una normativa en Ecuador enfocada a la construcción de estas edificaciones, que en nuestro medio son totalmente desconocidas.
5. Para la construcción de la máquina enfardadora es recomendable que la altura del elemento a compresión mida de 1 a 2 cm menos que la altura establecida para el fardo, puesto que la paja de arroz al tener una longitud mayor a 20 cm genera un atascamiento en la parte superior del elemento a compresión cuando su altura es igual a la del fardo, ocasionando que este no se deslice con facilidad durante el proceso de enfardo.



"LA VIDA NO ES FÁCIL PARA
NINGUNO DE NOSOTROS.
¿PERO QUÉ HAY CON ESO?
TENEMOS QUE TENER
PERSEVERANCIA Y, SOBRE TODO,
CONFIANZA EN NOSOTROS MISMOS".

—
MARIE CURIE

¡MUCHAS GRACIAS POR SU ATENCIÓN!