

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**ANÁLISIS ESTRUCTURAL DEL ALBERGUE MODELO DEL  
PROYECTO CII/USAC/CONRED/INDIS/URL; UTILIZANDO SISTEMAS  
CONSTRUCTIVOS CON MATERIALES REUTILIZADOS**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA  
FACULTAD DE INGENIERÍA

POR:

**MANUEL ESTUARDO ARANGO GUERRA**

ASESORADO POR LA INGA. EVELYN MARIBEL MORALES RAMÍREZ

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE  
**INGENIERO CIVIL**

GUATEMALA, JULIO DE 2010

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERÍA



**NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA**

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
VOCAL I	Inga. Glenda Patricia García Soria
VOCAL II	Inga. Alba Maritza Guerrero Spínola de López
VOCAL III	Ing. Miguel Ángel Dávila Calderón
VOCAL IV	Br. Luis Pedro Ortiz de León
VOCAL V	Br. José Alfredo Ortiz Herincx
SECRETARIA a.i.	Inga. Mayra Grisela Corado

**TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO**

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
EXAMINADOR	Ing. Jorge Alberto Lam Lan
EXAMINADOR	Ing. Carmen Marina Mérida Alva
EXAMINADOR	Ing. Yefry Valentín Rosales Juárez
SECRETARIA	Inga. Marcia Ivónne Véliz Vargas

## **HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR**

Cumpliendo con los preceptos que establece la Ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

### **ANÁLISIS ESTRUCTURAL DEL ALBERGUE MODELO DEL PROYECTO CII/USAC/CONRED/INDIS/URL; UTILIZANDO SISTEMAS CONSTRUCTIVOS CON MATERIALES REUTILIZADOS,**

tema que fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Civil, el 29 de octubre de 2009.



---

MANUEL ESTUARDO ARANGO GUERRA

Guatemala,  
17 de mayo de 2010

Ing. Hugo Leonel Montenegro Franco  
Director de Escuela de Ingeniería Civil  
Facultad de Ingeniería  
Universidad de San Carlos de Guatemala

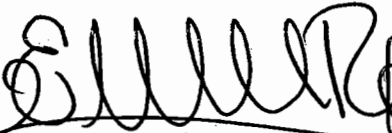
Ingeniero Montenegro,

Me dirijo a usted para informarle que he revisado el trabajo de graduación **ANÁLISIS ESTRUCTURAL DE ALBERGUE MODELO DEL PROYECTO CII/USAC/CONRED/INDIS/URL; UTILIZANDO SISTEMAS CONSTRUCTIVOS CON MATERIALES REUTILIZADOS**, elaborado por el estudiante universitario **Manuel Estuardo Arango Guerra** quien conto con la asesoría de la suscrita.

Considero que el trabajo desarrollado por el estudiante Arango Guerra satisface los requisitos exigidos, por lo cual recomiendo su aprobación.

Agradezco a usted la atención prestada a la presente

Atentamente

  
Inga. Evelyn Maribel Morales Ramirez  
Asesora

*Evelyn Maribel Morales Ramirez*  
Ingeniera Civil  
Col. 8216



Guatemala,  
24 de mayo 2010

Ingeniero  
Hugo Leonel Montenegro Franco  
Director de la Escuela de Ingeniería Civil  
Facultad de Ingeniería  
Presente

Estimado Ing. Montenegro.

Le informo que he revisado el trabajo de graduación **ANÁLISIS ESTRUCTURAL DEL ALBERGUE MODELO DEL PROYECTO CII/USAC/CONRED/INDIS/URL; UTILIZANDO SISTEMAS CONSTRUCTIVOS CON MATERIALES REUTILIZADOS**, desarrollado por el estudiante de Ingeniería Civil Manuel Estuardo Arango Guerra, quien contó con la asesoría de la Inga. Evelyn Maribel Morales Ramírez.

Considero este trabajo bien desarrollado y representa un aporte para la comunidad del área y habiendo cumplido con los objetivos del referido trabajo doy mi aprobación al mismo solicitando darle el trámite respectivo.

Atentamente,

ID Y ENSEÑAD A TODOS

  
Ing. Ronald Estuardo Galindo Cabrera  
Jefe del Departamento de Estructuras



FACULTAD DE INGENIERIA  
DEPARTAMENTO  
DE  
ESTRUCTURAS  
USAC

/bbdeb.



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL  
www.ingenieria-usac.edu.gt



El Director de la Escuela de Ingeniería Civil, después de conocer el dictamen de la Asesora Inga. Evelyn Maribel Morales Ramírez y del Jefe del Departamento de Estructuras, Ing. Ronald Estuardo Galindo Cabrera, al trabajo de graduación del estudiante Manuel Estuardo Arango Guerra, titulado ANÁLISIS ESTRUCTURAL DEL ALBERGUE MODELO DEL PROYECTO CII/USAC/CONRED/INDIS/URL; UTILIZANDO SISTEMAS CONSTRUCTIVOS CON MATERIALES REUTILIZADOS, da por este medio su aprobación a dicho trabajo.

  
Ing. Hugo Leonel Montenegro Franco



Guatemala, julio de 2010

/bbdeb.



Ref. DTG.251.2010

El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Civil, al trabajo de graduación titulado: **ANÁLISIS ESTRUCTURAL DEL ALBERGUE MODELO DEL PROYECTO CII/USAC/CONRED/INDIS/URL; UTILIZANDO SISTEMAS CONSTRUCTIVOS CON MATERIALES REUTILIZADOS**, presentado por el estudiante universitario **Manuel Estuardo Arango Guerra**, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE.

Ing. Murphy Olimpo Paiz Recinos  
DECANO



Guatemala, julio de 2010

/gdech

## **AGRADECIMIENTOS A:**

Mi asesora y amiga Inga. Evelyn Maribel Morales Ramírez

Centro de Investigaciones de Ingeniería

Extensión de Docencia

Sección de Concretos

Sección de Metales y Productos Manufacturados

Sección de Mecánica de Suelos

Sección de Tecnología de la Madera

Instituto de Investigación en Diseño de la Universidad Rafael Landívar

A todas las personas que participaron en la construcción del Albergue Modelo

Laboratorio de Mecánica de Fluidos

Área de Hidráulica

Escuela de Ingeniería Civil

Universidad de San Carlos de Guatemala



## **ACTO QUE DEDICO A:**

<b>DIOS</b>	Por permitirme llegar hasta aquí.
<b>MIS PADRES</b>	Byron Ariel Arango Barrios y Alva Alicia Guerra Guadrón, Por darme el don de la vida y su apoyo incondicional.
<b>MIS HERMANOS</b>	Byron Ariel José Esteban
<b>MI SOBRINO</b>	Byron Alejandro
<b>MIS ABUELOS</b>	José Esteban Arango Quiroa (q.e.p.d.) María Julia Barrios de León (q.e.p.d.) Amadea Guadrón
<b>MIS TÍOS Y TÍAS</b>	Por darme todo su apoyo y ánimo cuando más lo necesité.
<b>MIS PRIMOS</b>	A cada uno de ustedes, pero en especial a José Leopoldo "Polito" (q.e.p.d.) por acompañarme siempre a lo largo de mi formación profesional.
<b>MI ASESORA</b>	Inga. Evelyn Maribel Morales Ramírez, por todo su apoyo, comprensión y amistad.
<b>MIS AMIGOS</b>	No coloco nombres para no olvidar a ninguno, pues todos de alguna forma han contribuido para que llegase este momento.

## ÍNDICE GENERAL

<b>ÍNDICE DE ILUSTRACIONES</b>	VII
<b>LISTA DE SÍMBOLOS</b>	XV
<b>GLOSARIO</b>	XXIII
<b>RESUMEN</b>	XXIX
<b>OBJETIVOS</b>	XXXI
<b>INTRODUCCIÓN</b>	XXXIII
<b>1. MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN</b>	1
<b>1.1. Madera de pino</b>	1
1.1.1. Disponibilidad	1
1.1.2. Propiedades	1
1.1.3. Uso	3
<b>1.2. Botellas PET</b>	3
1.2.1. Disponibilidad	4
1.2.2. Propiedades	4
1.2.3. Uso	5
<b>1.3. Panel OSB</b>	6
1.3.1. Disponibilidad	7
1.3.2. Propiedades	7
1.3.3. Uso	8
<b>1.4. Cáscara y fibra de coco</b>	9
1.4.1. Disponibilidad	9
1.4.2. Uso	9
<b>1.5. Bajareque</b>	10
1.5.1. Disponibilidad	10
1.5.2. Propiedades	10

1.5.3.	Uso	10
1.6.	Mortero	11
1.6.1.	Materiales constitutivos	11
1.6.2.	Dosificación	12
1.6.3.	Propiedades	12
1.6.4.	Uso	13
1.7.	Suelo para recubrimiento	13
1.7.1.	Disponibilidad	13
1.7.2.	Propiedades	14
1.7.3.	Uso	14
<b>2.</b>	<b>SISTEMA CONSTRUCTIVO</b>	<b>15</b>
2.1.	Modulación	15
2.2.	Cimentación	19
2.2.1.	Detalles	20
2.3.	Panel de botellas PET/mortero	22
2.3.1.	Detalles	22
2.4.	Panel de OSB	24
2.4.1.	Detalles	24
2.5.	Panel de Bajareque	25
2.5.1.	Detalles	25
2.6.	Panel de cáscara y fibra de coco	26
2.6.1.	Detalles	26
<b>3.</b>	<b>ANÁLISIS DE PANELES</b>	<b>27</b>
3.1.	Ensayos	27
3.1.1.	Carga gravitacional	27
3.1.2.	Carga de corte	28
3.2.	Panel Botella PET/mortero	28
3.2.1.	Carga gravitacional	28
3.2.2.	Carga de corte	29

3.2.3.	Análisis de ensayos	30
3.3.	Panel OSB	32
3.3.1.	Carga gravitacional	32
3.3.2.	Carga de corte	32
3.3.3.	Análisis de ensayos	33
3.4.	Panel coco/suelo	35
3.4.1.	Carga gravitacional	35
3.4.2.	Carga de corte	35
3.4.3.	Análisis de ensayos	36
3.5.	Panel bajareque	38
3.5.1.	Carga gravitacional	38
3.5.2.	Carga de corte	38
3.5.3.	Análisis de ensayos	39
<b>4.</b>	<b>ANÁLISIS ESTRUCTURAL ALBERGUE “VERSÁTIL”</b>	<b>41</b>
4.1.	Integración de cargas	41
4.1.1.	Cargas muertas	41
4.1.1.1.	Distribución	41
4.1.1.1.1.	Techo	41
4.1.1.1.2.	Paneles	42
4.1.1.1.3.	Columnas	43
4.1.1.1.4.	Otros	44
4.1.2.	Cargas vivas	44
4.1.2.1.	Distribución	45
4.1.3.	Carga sísmica	45
4.1.3.1.	Distribución	48
4.1.3.2.	Excentricidad	49
4.1.4.	Carga de viento	49
4.1.4.1.	Distribución	49
4.2.	Análisis estructural	52

4.2.1.	Carga muerta	52
4.2.1.1.	Corte	60
4.2.1.2.	Momento	65
4.2.1.3.	Carga vertical	69
4.2.2.	Carga viva	73
4.2.3.	Carga sísmica	73
4.2.3.1.	Corte	75
4.2.3.2.	Momento	79
4.2.4.	Carga de viento	83
4.2.4.1.	Corte	85
4.2.4.2.	Momento	91
4.2.4.3.	Carga vertical	97
4.3.	Combinaciones	101
4.3.1.	Envolventes	102
4.3.1.1.	Corte	102
4.3.1.2.	Momento	112
4.3.1.3.	Carga axial	120
5.	<b>ANÁLISIS DE RESULTADOS</b>	127
5.1.	Capacidad de elementos	127
5.1.1.	Tendales	128
5.1.1.1.	Corte	128
5.1.1.2.	Momento	129
5.1.2.	Vigas	131
5.1.2.1.	Corte	131
5.1.2.2.	Momento	132
5.1.3.	Columnas	134
5.1.3.1.	Corte	134
5.1.3.2.	Flexo-compresión	136
5.1.4.	Paneles	139

5.1.4.1.	Corte	139
5.1.4.2.	Carga vertical	140
5.2.	Deltas permisibles	141
5.2.1.	Tendales	142
5.2.2.	Vigas	142
5.2.3.	Paneles	142
5.3.	Evaluación de elementos	143
5.4.	Evaluación de la construcción, de acuerdo con AGIES Y FHA	144
5.5.	Aceptabilidad	147
5.6.	Costos de construcción	147
<b>CONCLUSIONES</b>		163
<b>RECOMENDACIONES</b>		167
<b>BIBLIOGRAFÍA</b>		171
<b>ANEXO</b>		173



## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

### FIGURAS

1	Botella PET utilizadas en la construcción	3
2	Uso de las Botellas PET en la construcción	6
3	Estructura del panel OSB	7
4	Uso del panel OSB en la construcción	8
5	Módulo básico	16
6	Construcción de panel típico 1	17
7	Construcción de panel típico 2	18
8	Modulación del albergue completo	19
9	Ubicación de micro pilotes para la cimentación	20
10	Ubicación de los bloques U	21
11	Cimentación completa	22
12	Colocación de botellas PET en paneles	23
13	Ensayo de carga gravitacional	27
14	Ensayo de carga de corte	28
15	Carga deformación panel PET/mortero	31
16	Carga deformación panel OSB	34
17	Carga deformación panel coco/suelo	37
18	Carga deformación panel bajereque	40
19	Distribución del factor $C_q$ según método "A" UBC-97	50
20	Distribución de presiones de diseño según método "A" UBC-97	51



21	Diagrama de cuerpo libre, tendal típico, carga muerta	52
22	Diagrama de cuerpo libre, para análisis estructural, carga muerta	53
23	Resultado de análisis del tendal típico, carga muerta	53
24	Diagrama de cuerpo libre, eje "1" entre "B" y "C", carga muerta	54
25	Diagrama de cuerpo libre, entre ejes "1" y "2", carga muerta	54
26	Diagrama de cuerpo libre, entre ejes "2" y "3", carga muerta	55
27	Diagrama de cuerpo libre, entre ejes "3" y "4", carga muerta	55
28	Diagrama de cuerpo libre, eje "4" entre "B" y "A", carga muerta	56
29	Resultado de análisis, eje "1" entre "B" y "C", carga muerta	56
30	Resultado de análisis, entre ejes "1" y "2", carga muerta	57
31	Resultado de análisis, entre ejes "2" y "3", carga muerta	57
32	Resultado de análisis, entre ejes "3" y "4", carga muerta	58
33	Resultado de análisis, eje "4" entre "B" y "A", carga muerta	58
34	Diagrama de cuerpo libre, eje "C" entre "1" y "2", y eje "A" entre "3" y "4", carga muerta	59
35	Resultado de análisis, eje "C" entre "1" y "2", y eje "A" entre "3" y "4", carga muerta	59
36	Diagrama de corte de tendales, carga muerta	60
37	Diagrama de corte de viga eje "1", carga muerta	61
38	Diagrama de corte de viga ejes "1" y "2", carga muerta	61
39	Diagrama de corte de viga ejes "2" y "3", carga muerta	62
40	Diagrama de corte de viga ejes "3" y "4", carga muerta	63
41	Diagrama de corte de viga eje "4", carga muerta	64
42	Diagrama de corte de viga eje "A", carga muerta	64
43	Diagrama de corte de viga eje "C", carga muerta	65
44	Diagrama de momento de tendales, carga muerta	66

45	Diagrama de momento de viga eje "1", carga muerta	67
46	Diagrama de momento de viga ejes "1" y "2", carga muerta	67
47	Diagrama de momento de viga ejes "2" y "3", carga muerta	68
48	Diagrama de momento de viga ejes "3" y "4", carga muerta	68
49	Diagrama de momento de viga eje "4", carga muerta	69
50	Diagrama de fuerzas verticales en eje "1", carga muerta	70
51	Diagrama de fuerzas verticales en eje "2", carga muerta	70
52	Diagrama de fuerzas verticales en eje "3", carga muerta	71
53	Diagrama de fuerzas verticales en eje "4", carga muerta	71
54	Diagrama de fuerzas verticales en eje "A", carga muerta	72
55	Diagrama de fuerzas verticales en eje "B", carga muerta	72
56	Diagrama de fuerzas verticales en eje "A", carga muerta	73
57	Distribución de corte basal en muros	74
58	Distribución de corte basal, para análisis	75
59	Diagrama de corte eje "1", carga sísmica	76
60	Diagrama de corte eje "2", carga sísmica	76
61	Diagrama de corte eje "3", carga sísmica	77
62	Diagrama de corte eje "4", carga sísmica	77
63	Diagrama de corte eje "A", carga sísmica	78
64	Diagrama de corte eje "B", carga sísmica	78
65	Diagrama de corte eje "C", carga sísmica	79
66	Diagrama de momento eje "1", carga sísmica	80
67	Diagrama de momento eje "2", carga sísmica	80
68	Diagrama de momento eje "3", carga sísmica	81
69	Diagrama de momento eje "4", carga sísmica	81
70	Diagrama de momento eje "A", carga sísmica	82
71	Diagrama de momento eje "B", carga sísmica	82
72	Diagrama de momento eje "C", carga sísmica	83

73	Diagrama de cuerpo libre de tendales típicos, carga de viento	83
74	Diagrama de cuerpo libre de vigas, carga de viento	84
75	Distribución de cortante en muros, carga de viento	84
76	Diagrama de corte de tendales, carga de viento	85
77	Diagrama de corte del eje "1", carga de viento	86
78	Diagrama de corte, entre ejes "1" y "2", carga de viento	86
79	Diagrama de corte eje "2", carga de viento	87
80	Diagrama de corte, entre ejes "2" y "3", carga de viento	87
81	Diagrama de corte eje "3", carga de viento	88
82	Diagrama de corte, entre ejes "3" y "4", carga de viento	88
83	Diagrama de corte eje "4", carga de viento	89
84	Diagrama de corte eje "A", carga de viento	89
85	Diagrama de corte eje "B", carga de viento	90
86	Diagrama de corte eje "C", carga de viento	90
87	Diagrama de momento de tendal típico, carga de viento	91
88	Diagrama de momento del eje "1", carga de viento	92
89	Diagrama de momento, entre ejes "1" y "2", carga de viento	92
90	Diagrama de momento del eje "2", carga de viento	93
91	Diagrama de momento, entre ejes "2" y "3", carga de viento	93
92	Diagrama de momento del eje "3", carga de viento	94
93	Diagrama de momento, entre ejes "3" y "4", carga de viento	94
94	Diagrama de momento del eje "4", carga de viento	95
95	Diagrama de momento del eje "A", carga de viento	95
96	Diagrama de momento del eje "B", carga de viento	96
97	Diagrama de momento del eje "C", carga de viento	96
98	Diagrama de carga vertical en eje "1", carga de viento	97
99	Diagrama de carga vertical en eje "2", carga de viento	98

100	Diagrama de carga vertical en eje "3", carga de viento	98
101	Diagrama de carga vertical en eje "4", carga de viento	99
102	Diagrama de carga vertical en eje "A", carga de viento	99
103	Diagrama de carga vertical en eje "B", carga de viento	100
104	Diagrama de carga vertical en eje "1", carga de viento	100
105	Simbología para las envolventes	102
106	Envolvente de corte para el tendal típico	103
107	Envolvente de corte para el eje "1"	103
108	Envolvente de corte entre ejes "1" y "2"	104
109	Envolvente de corte para el eje "2"	105
110	Envolvente de corte entre ejes "2" y "3"	106
111	Envolvente de corte para el eje "3"	107
112	Envolvente de corte entre ejes "3" y "4"	108
113	Envolvente de corte para el eje "4"	109
114	Envolvente de corte para el eje "A"	110
115	Envolvente de corte para el eje "B"	111
116	Envolvente de corte para el eje "C"	111
117	Envolvente de momento de tendal típico	112
118	Envolvente de momentos para el eje "1"	113
119	Envolvente de momento entre ejes "1" y "2"	113
120	Envolvente de momentos para el eje "2"	114
121	Envolvente de momento entre ejes "2" y "3"	115
122	Envolvente de momentos para el eje "3"	116
123	Envolvente de momento entre ejes "3" y "4"	117
124	Envolvente de momentos para el eje "4"	118
125	Envolvente de momentos para el eje "A"	119
126	Envolvente de momentos para el eje "B"	119
127	Envolvente de momentos para el eje "C"	120

128	Envolvente de carga vertical para el eje "1"	121
129	Envolvente de carga vertical para el eje "2"	122
130	Envolvente de carga vertical para el eje "3"	123
131	Envolvente de carga vertical para el eje "4"	124
132	Envolvente de carga vertical para el eje "A"	124
133	Envolvente de carga vertical para el eje "B"	125
134	Envolvente de carga vertical para el eje "C"	125

## TABLAS

I	Propiedades físico-mecánicas de la madera de pino <i>Occparca</i>	2
II	Propiedades físico-mecánicas de la madera de pino <i>Caribaea</i>	2
III	Propiedades mecánicas de las botellas PET	4
IV	Peso de las botellas PET	5
V	Propiedades físicas y mecánicas de los paneles de OSB	8
VI	Ensayo carga gravitacional panel PET/mortero	29
VII	Ensayo carga de corte panel PET/mortero	30
VIII	Resultados ensayo a corte panel PET/mortero	30
IX	Resultados ensayo a compresión panel PET/mortero	31
X	Ensayo carga gravitacional panel OSB	32
XI	Ensayo carga de corte panel OSB	33
XII	Resultados ensayo a corte panel OSB	33
XIII	Resultados ensayo a compresión panel OSB	34
XIV	Ensayo carga gravitacional panel coco/suelo	35
XV	Ensayo carga de corte panel coco/suelo	36
XVI	Resultados ensayo a corte coco/suelo	36

XVII	Resultados ensayo a compresión coco/suelo	37
XVIII	Ensayo carga gravitacional bajareque	38
XIX	Ensayo carga de corte panel bajareque	39
XX	Resultados ensayo a corte bajareque	39
XXI	Resultados ensayo a compresión bajareque	40
XXII	Carga panel PET/mortero	42
XXIII	Carga panel OSB	42
XXIV	Carga panel coco/suelo	43
XXV	Carga panel bajereque	43
XXVI	Parámetros para calcular corte basal	46
XXVII	Parámetros para calcular presión de diseño	49
XXVIII	Deriva de paneles	142
XXIX	Costo unitario cimentación	148
XXX	Costo unitario panel PET/mortero tipo 1 muro	149
XXXI	Costo unitario panel PET/mortero Tipo 2 Muro	149
XXXII	Costo unitario panel PET/mortero Tipo 1 Ventana	150
XXXIII	Costo unitario panel PET/mortero Tipo 1 Puerta	151
XXXIV	Costo unitario panel PET/mortero Tipo 2 Ventana	152
XXXV	Costo unitario panel PET/mortero Tipo 2 Puerta	153
XXXVI	Costo unitario panel OSB tipo 2 muro	154
XXXVII	Costo unitario panel OSB tipo 2 ventana	154
XXXVIII	Costo unitario panel tajereque tipo 1 muro	155
XXXIX	Costo unitario panel coco/suelo tipo 1 muro	156
XL	Costo unitario panel coco/suelo tipo 2 muro	156
XLI	Costo unitario panel superior eje "1"	157
XLII	Costo unitario panel superior ejes "2" y "3"	157
XLIII	Costo unitario panel superior eje "4"	158
XLIV	Costo unitario columnas	158
XLV	Costo unitario piso de concreto	159

XLVI	Costo unitario techo	159
XLVII	Costo unitario instalación eléctrica	160
XLVIII	Resumen de unitarios	161

## LISTA DE SÍMBOLOS

<b>A</b>	Área de la sección transversal de una columna para el cálculo de su resistencia última.
<b>b</b>	Base de la sección transversal de un elemento estructural, se selecciona de acuerdo con la dirección en la que actúa el momento considerado.
<b>Bbx</b>	Factor que considera el incremento de momentos que no producen desplazamiento horizontal por efectos de esbeltez en columnas de madera en la dirección X.
<b>Bby</b>	Factor que considera el incremento de momentos que no producen desplazamiento horizontal por efectos de esbeltez en columnas de madera en la dirección Y.
<b>Bsx</b>	Factor que considera el incremento de momentos que producen desplazamiento horizontal por efectos de esbeltez en columnas de madera en la dirección X.
<b>Bsy</b>	Factor que considera el incremento de momentos que producen desplazamiento horizontal por efectos de esbeltez en columnas de madera en la dirección Y.



<b>Ca</b>	Coeficiente sísmico, se obtiene en la tabla 16-Q del UBC-97.
<b>Ce</b>	Factor de viento que combina la altura de la estructura, la exposición y ráfaga de viento, se obtiene en la tabla 16-G del UBC-97.
<b>Cf</b>	Factor de forma que toma en cuenta el efecto de las secciones transversales no rectangulares sobre la resistencia a la flexión.
<b>CF</b>	Factor de tamaño que toma en cuenta el efecto del tamaño del elemento sobre la resistencia a la flexión.
<b>CL</b>	Factor de estabilidad en vigas que toma en cuenta el efecto del apoyo lateral parcial.
<b>Cm</b>	Factor utilizado para el cálculo de Bbx y Bby que considera el efecto de los momentos en los extremos de la columna y condiciones de apoyo.
<b>cm</b>	Centímetro.
<b>Cn</b>	Factor de ajuste aplicable a elementos estructurales de madera.

<b>Cq</b>	Coeficiente de presión de la estructura o parte de la estructura bajo estudio de efectos del viento, se obtiene en la tabla 16-H del UBC-97
<b>Cr</b>	Factor de repartición de cargas que toma en cuenta el aumento en la resistencia de los miembros por su configuración.
<b>Ct</b>	Coeficiente numérico para el cálculo del periodo de vibración, se obtiene en la sección 1630.2.2.
<b>Cv</b>	Coeficiente sísmico, se obtiene de la tabla 16-R del UBC-97.
<b>E</b>	Módulo de elasticidad de la madera utilizada.
<b>Fb</b>	Resistencia a la flexión estática de la madera utilizada.
<b>Fv</b>	Resistencia al corte paralelo a la fibra de la madera utilizada.
<b>H</b>	Altura de la estructura medida desde la base de la cimentación hasta el último elemento resistente a fuerzas laterales.
<b>h</b>	Altura de la sección transversal de un elemento estructural, se selecciona de acuerdo con la dirección en la que actúa el momento considerado.

<b>I</b>	Factor de importancia para protección contra los efectos de fuerzas inerciales, se obtiene de la tabla 16-K del UBC-97.
<b>I<sub>w</sub></b>	Factor de importancia para la protección contra los efectos de fuerzas producidas por el viento, se obtiene de la tabla 16-K de UBC-97.
<b>M</b>	Máximo momento resistido por una sección de madera sin considerar los factores de ajuste.
<b>m</b>	Metro.
<b>M'</b>	Momento ajustado que resiste una sección de madera.
<b>M<sub>bx</sub></b>	Momento mayorado que no produce desplazamiento horizontal en la columna considerada, en la dirección X.
<b>M<sub>by</sub></b>	Momento mayorado que no produce desplazamiento horizontal en la columna considerada, en la dirección Y.
<b>M<sub>mx</sub></b>	Momento mayorado que incluye los incrementos por efectos de esbeltez en la columna considerada, en la dirección X.

<b>M<sub>my</sub></b>	Momento mayorado que incluye los incrementos por efectos de esbeltez en la columna considerada, en la dirección Y.
<b>M<sub>sx</sub></b>	Momento mayorado que produce desplazamiento horizontal en la columna considerada, en la dirección X.
<b>M<sub>sy</sub></b>	Momento mayorado que produce desplazamiento horizontal en la columna considerada, en la dirección Y.
<b>M<sub>u</sub></b>	Momento en una sección de madera producido por la combinación que causa un máximo esfuerzo en los elementos estructurales.
<b>M<sub>ux</sub></b>	Momento producido por la combinación que causa un máximo esfuerzo en las columnas, en la dirección X.
<b>M<sub>uy</sub></b>	Momento producido por la combinación que causa un máximo esfuerzo en las columnas, en la dirección Y.
<b>M'<sub>x</sub></b>	Momento ajustado que resiste una columna de madera, en la dirección X.
<b>M'<sub>y</sub></b>	Momento ajustado que resiste una columna de madera, en la dirección Y.

<b>Na</b>	Factor de cercanía a la fuente sísmica, para calcular $C_a$ cuando se construye en zona sísmica 4.
<b>Nv</b>	Factor de cercanía a la fuente sísmica, para calcular $C_v$ cuando se construye en zona sísmica 4.
<b>P</b>	Presión de diseño de viento; resistencia última sin ajustar de una columna de madera a la compresión.
<b>P'</b>	Resistencia ajustada a la compresión de una columna de madera.
<b>Pe</b>	Carga de compresión crítica antes de producirse pandeo en columnas, se determina utilizando la ecuación de Euler.
<b>Pex</b>	Carga de compresión crítica antes de producirse pandeo en columnas, se determina utilizando la ecuación de Euler en la dirección X.
<b>Pey</b>	Carga de compresión crítica antes de producirse pandeo en columnas, se determina utilizando la ecuación de Euler en la dirección Y.

<b>Pu</b>	Fuerza axial de compresión producida por una combinación que cree el máximo esfuerzo en las columnas.
<b>qs</b>	Presión por la acción del viento a una altura 33 pies sobre el suelo, se obtiene de la tabla 16-F del UBC-97.
<b>R</b>	Factor numérico representativo de los sobreesfuerzos inherentes y la capacidad global de ductilidad de los sistemas resistentes a fuerzas laterales, se obtiene de la tabla 16-N o 16-P del UBC-97. Resistencia sin ajustar de un elemento de madera.
<b>R'</b>	Resistencia ajustada de un elemento de madera.
<b>Ru</b>	Momento, corte o fuerza axial obtenida de la combinación que produzca un mayor esfuerzo.
<b>T</b>	Periodo elástico fundamental de vibración, en segundos, de la estructura en la dirección considerada.
<b>V</b>	Resistencia sin ajustar al corte de una sección de madera.
<b>V'</b>	Resistencia ajustada al corte de una sección de madera.

<b>Vu</b>	Corte causado por la combinación que produzca el mayor esfuerzo en la sección considerada.
<b>W</b>	Peso de la estructura sin incluir todas las cargas vivas.
<b>Z</b>	Factor de zona sísmica, se obtiene de la tabla 16-I del UBC-97.
<b><math>\lambda</math></b>	Factor de efecto temporal.
<b><math>\Sigma P_e</math></b>	Sumatoria de todas las cargas de compresión críticas de pandeo, de las columnas involucradas en el modo de desplazamiento lateral.
<b><math>\Sigma P_u</math></b>	Sumatoria de todas las cargas últimas de compresión, de las columnas involucradas en el modo de desplazamiento lateral.
<b><math>\phi</math></b>	Factor de reducción de resistencia.

## GLOSARIO

<b>AF&amp;PA</b>	Asociación Americana del Bosque y Papel ( <i>American Forest &amp; Paper Association</i> ); es una asociación industrial a nivel nacional de los Estados Unidos de América para la selva, pulpa, papel, cartón, madera y otros productos de la industria.
<b>AGIES</b>	Asociación Guatemalteca de Ingeniería Estructural y Sísmica; es una entidad sin fines de lucro que promueve la creación de normas para el diseño estructural en Guatemala.
<b>ASCE</b>	Sociedad Americana de Ingenieros Civiles ( <i>American Society of Civil Engineers</i> ); es una entidad que emite normas sobre el diseño y construcción de estructuras y otras obras de ingeniería civil.
<b>ASTM</b>	Sociedad Americana para Ensayos y Materiales ( <i>American Society for Test and Materials</i> ); sociedad encargada de emitir normas para el ensayos y fabricación de diversos materiales de construcción y otros productos.



<b>Carga</b>	Acción a la cual se somete una estructura, esta puede ser producida por la propia estructura, por los usuarios de la misma y por la acción de fenómenos atmosféricos y tectónicos.
<b>Carga de sismo</b>	Fuerza inercial producida por el movimiento del suelo donde se coloca la cimentación, se utiliza, para fines de diseño, un sismo con una probabilidad de 10% de ocurrir cada 50 años.
<b>Carga de viento</b>	Fuerza producida por el movimiento del aire, se utiliza la unidad más próxima a la velocidad del viento que tenga una probabilidad de 2% de ocurrir anualmente a 33 pies sobre el nivel del suelo.
<b>Caribaea</b>	Especie de pino nativo de la región comprendida desde México a Nicaragua y los países de Cuba, Bahamas, Islas Turcas y Caicos y el estado Puerto Rico.
<b>CII</b>	Centro de Investigaciones de Ingeniería.
<b>CONRED</b>	Coordinadora Nacional para la Reducción de Desastres.

<b>Corte</b>	Esfuerzo inducido internamente a un elemento por las acciones y reacciones, que actúan paralelamente a la sección del elemento, a las que es sometido.
<b>Costo</b>	Valor monetario de un bien o servicio que no incluye los gastos indirectos de administración e impuestos.
<b>Deflexión</b>	Desviación vertical del eje neutro de una viga, vigueta, tendal o losa; medida verticalmente a partir de su posición original y teórica.
<b>Deformómetro</b>	Instrumento capaz de medir pequeñas deformaciones en materiales y estructuras, mediante un sistema de relojería o provisto con un convertidor de señal análoga a digital.
<b>Deriva</b>	Desplazamiento horizontal de los elementos estructurales, medida entre el eje neutro y su posición original.
<b>Diafragma</b>	Elemento estructural que transmite fuerzas inerciales a los elementos resistentes a fuerzas laterales.
<b>Esbeltez</b>	Razón entre el menor lado de una columna y la altura libre de esta.

<b>FHA</b>	Fomento de Hipotecas Aseguradas.
<b>Flexo-compresión</b>	Acción conjunta de una fuerza vertical y momentos en ambos ejes de la sección transversal de una columna.
<b>IBC</b>	Código Internacional de Construcción ( <i>International Building Code</i> ), código de diseño y construcción para Estados Unidos de América con alcance internacional.
<b>INDIS</b>	Instituto de Investigación en Diseño, de la Universidad Rafael Landívar.
<b>LRFD</b>	Factor de Diseño de Carga y Resistencia ( <i>Load and Resistance Factor Design</i> ), método de diseño también conocido como resistencia última.
<b>Momento</b>	Par que actúa sobre un elemento y/o reacción interna de un elemento estructural por la acción de una fuerza.
<b>Mortero</b>	Mezcla de cemento, arena y agua; altamente utilizado en la construcción.
<b>Nudos</b>	Imperfecciones en las piezas de madera, producidas por las ramas del árbol.
<b>Opccparca</b>	Especie de madera de la familia del pi

<b>OSB</b>	Tablero de Viruta Orientada ( <i>Oriented Strand Board</i> )
<b>PET</b>	Tereftalato de Polietileno ( <i>Polyethylene Terephthalate</i> ), material no tóxico para producir botellas y otros artículos.
<b>Reutilización</b>	Dar un uso distinto al original a un objeto.
<b>Rigidez</b>	Acción necesaria para producir una deformación unitaria.
<b>UBC</b>	Código Uniforme de Construcción ( <i>Uniform Building Code</i> ); código de diseño y construcción para los Estados Unidos de América, su versión más reciente es la de 1997.
<b>URL</b>	Universidad Rafael Landívar.
<b>USAC</b>	Universidad de San Carlos de Guatemala.
<b>Vectores</b>	Todo tipo de insectos que transmite enfermedades y deterioran las condiciones de habitabilidad.



## RESUMEN

El proyecto CII/USAC/CONRED/INDIS/URL se dedicó a la investigación de métodos constructivos para la edificación de albergues temporales. El Instituto de Investigación en Diseño, -INDIS- de la Universidad Rafael Landívar, proporcionó el diseño arquitectónico y estructural. Mientras el Centro de Investigaciones de Ingeniería, -CII- de la Universidad de San Carlos de Guatemala, realizó los ensayos mecánicos destructivos necesarios para determinar la configuración óptima de los paneles que se utilizaron finalmente y el análisis estructural de este trabajo de graduación.

Fue necesaria la construcción de paneles probeta a escala real, que se ensayaron a fin de conocer su resistencia a corte y fuerza vertical o axial, para determinar las propiedades necesarias al realizar un análisis estructural y evaluación de la estructura final.

Adicionalmente, CII/USAC proporcionó espacio físico, en sus instalaciones del Área de Tecnología de los Materiales, mano de obra y equipo de carpintería y de construcción, para la edificación del albergue modelo para mostrar su funcionabilidad y economía, con un área habitable de 36 metros cuadrados y un área de construcción de 52 metros cuadrados.

La construcción del albergue modelo utilizó botellas de PET como principal material reutilizado, así mismo se utilizaron los desechos de cascara de coco y cascabillo de arroz. Toda la edificación se basa en construcción de paneles de madera modulados para obtener los espacios funcionales que permitan a los usuarios desarrollar todas las actividades cotidianas de un hogar.

Se construyeron panales probeta a escala real, y se realizaron ensayos destructivos para determinar su resistencia y comportamiento a corte y compresión, información necesaria para realizar un posterior análisis estructural del albergue modelo.

Las cargas utilizadas en el análisis estructural cumplen con el Código Uniforme de Construcción de 1997 (UBC-97), y un método de diseño conocido comúnmente como “*Resistencia Última*” (LRFD por sus siglas en inglés); fueron necesarias cuatro combinaciones de carga para poder verificar el desempeño estructural del modelo de albergue.

El uso de códigos y normas utilizadas en Guatemala para la construcción, diseño y evaluación de estructuras existentes y planificadas han sido utilizadas para establecer la capacidad estructural del modelo de albergue del proyecto CII/USAC/CONRED/INDIS/URL.

Se utilizaron los códigos siguientes: Código Uniforme de Construcción de 1997 (UBC-97) y Manual de LRFD para Construcciones de Madera (AF&PA/ASCE 16-95); y las normas: Normas de Planificación y Construcción para Casos Proyectados (Normas FHA) y Normas Estructurales de Diseño Recomendadas para la Republica de Guatemala (AGIES NR 1:2000, AGIES NR 2:2000 y AGIES NR 3:2000).

Por último se determinó que la construcción del albergue modelo incumple con algunos de los requisitos mínimos establecidos en los códigos, específicamente en los referidos a deflexiones máximas y derivas de elementos que soportan cargas horizontales y la esbeltez de las columnas ubicadas en los patios externos de la construcción.

## **OBJETIVOS**

### **GENERAL**

- Realizar el análisis estructural del albergue modelo “VERSÁTIL” del proyecto CII/USAC/CONRED/INDIS/URL para comprobar su seguridad estructural al ser utilizado como vivienda de habitación.

### **ESPECÍFICOS:**

1. Analizar el comportamiento estructural de los distintos sistemas constructivos utilizados en la construcción del albergue modelo “VERSÁTIL”.
2. Comparar los resultados de los distintos sistemas constructivos a fin de seleccionar el más seguro, estructuralmente.
3. Verificar el desempeño estructural del albergue modelo “VERSÁTIL” del proyecto CII/USAC/CONRED/INDIS/URL con los códigos de construcción utilizados en Guatemala.





## INTRODUCCIÓN

La necesidad de crear soluciones habitacionales que puedan construirse rápidamente luego de ocurrido algún desastre, que deja a una gran cantidad de familias sin una vivienda de habitación, es tema de preocupación y estudio por muchas instituciones que trabajan en temas relacionados a la vivienda y la mitigación de los efectos de un desastre.

Debido la necesidad de disminuir costos y efectos adversos para el ambiente, actualmente, existen diversos proyectos que desarrollan sistemas constructivos que son económicos, rápidos de construir y reutilizan los desechos producidos por las distintas actividades humanas.

El Centro de Investigaciones de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, la Coordinadora Nacional para la Reducción de Desastres y el Instituto de Investigación en Diseño de la Universidad Rafael Landívar han propuesto una solución habitacional que utilice sistemas constructivos con materiales reutilizados. CONRED fue la entidad que solicitó se crease la propuesta, INDIS/URL creó el diseño y la planificación necesaria y CII/USAC proporcionó el personal y equipo necesario para el ensaye de los sistemas constructivos, personal, equipo y espacio físico en sus instalaciones del Área de Tecnología de los Materiales para la construcción de la propuesta, el albergue modelo “VERSÁTIL”

Es necesario que el modelo de albergue propuesto cumpla con los códigos de diseño y construcción usados en Guatemala, para garantizar la integridad física de las personas que utilicen el albergue como su vivienda temporal. De tal forma es importante conocer la capacidad de cada elemento estructural, las acciones y reacciones a las que será sometido el albergue durante el tiempo que este sea necesario utilizado ya con esta información verificar la capacidad estructural de toda la construcción.

## **1. MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN**

### **1.1. Madera de Pino**

El rápido crecimiento que poseen los arboles de pino han hecho que este tipo de madera sea empleada en muchas aplicaciones en la construcción desde la obra falsa hasta acabados con este tipo de madera. Sus especies son variadas y generalmente no se comercializa por el tipo de especie sino por su nombre genérico.

#### **1.1.1. Disponibilidad**

Es la madera más común y fácil de encontrar en el medio guatemalteco, en los aserraderos locales se puede comercializar este tipo de madera en varias presentaciones como: tablas, parales, tablones y productos manufacturados, etc.; en el caso particular de la construcción del albergue modelo "versátil" se utilizaron las siguientes especies de madera de pino: *Occparca* y *Caribaea*; con una clasificación "D".

#### **1.1.2. Propiedades**

Según la norma ASTM D143 "*Métodos de Prueba Estándar para Probetas Limpias y Pequeñas de Madera*", con probetas limpias y si defectos, las propiedades físicas y mecánicas de la madera de pino *Occparca* y *Caribaea* se describen en los párrafos siguientes:

En la tabla I se presenta las propiedades físico-mecánicas de la madera de pino de la especie *Occparca*. La especie *Occparca* también es llamada pino coloreado o colorado.

**Tabla I Propiedades físico-mecánicas de la madera de pino *Occparca***

<b>Propiedad</b>	<b>Valor</b>
Peso aparente	0.52 g/cm <sup>3</sup>
Resistencia a flexión estática	170 - 172 kg/cm <sup>2</sup>
Módulo de elasticidad	1.19 E 5 kg/cm <sup>2</sup>
Compresión perpendicular a la fibra	20 kg/cm <sup>2</sup>
Compresión paralela a la fibra	76 Kg/cm <sup>2</sup>
Corte paralelo a la fibra	17 kg/cm <sup>2</sup>
Dureza	75 kg
Extracción de clavos	19 kg

**Fuente:** Diseño Simplificado de Estructuras de Madera, Harry Parker, James Ambrose, 2008

La tabla II se presenta las propiedades físico-mecánicas de la madera de pino de la especie *Caribaea*, también llamada pino petenero, la cual se caracteriza por la poca presencia de nudos.

**Tabla II Propiedades físico-mecánicas de la madera de pino *Caribaea***

<b>Propiedad</b>	<b>Valor</b>
Peso aparente	0.51 g/cm <sup>3</sup>
Resistencia a flexión estática	180 - 182 kg/cm <sup>2</sup>
Módulo de elasticidad	1.20 E 5 kg/cm <sup>2</sup>
Compresión perpendicular a la fibra	17 kg/cm <sup>2</sup>
Compresión paralela a la fibra	76 Kg/cm <sup>2</sup>
Corte paralelo a la fibra	18.7 kg/cm <sup>2</sup>
Dureza	85 kg
Extracción de clavos	19 kg

**Fuente:** Diseño Simplificado de Estructuras de Madera, Harry Parker, James Ambrose, 2008

Cabe mencionar que la madera es un material heterogéneo y por lo tanto al emplearse en tamaños estructurales pueden variar las propiedades de esta, de igual manera el contenido de humedad de esta al momento de emplearse o ensayarse.

### **1.1.3. Uso**

En la construcción del albergue modelo “VERSATIL” se utiliza para la elaboración de los marcos estructurales que luego formaran los paneles con los cuales es constituido. Además es utilizada en la construcción de la estructura portante del techo.

## **1.2. Botellas PET**

Para la construcción del albergue modelo “VERSATIL” se utilizaron botellas PET rellenas de bolsas de plástico descartadas por los consumidores, el relleno debe ser compacto y utilizar tanto material como sea posible introducir, como se presenta en la figura 1.

**Figura 1 Botella PET utilizadas en la construcción**



### 1.2.1. Disponibilidad

Las botellas PET son un elemento muy contaminante y poco reciclado actualmente, sobre todo en las zonas rurales de nuestro país. Adicional al volumen de existencia vale la pena mencionar su bajo costo y facilidad para crear el material de construcción.

### 1.2.2. Propiedades

Entre las propiedades mecánicas que poseen las botellas PET se ha investigado la resistencia a la compresión de dichas botellas, tanto llenas como vacías y colocadas en posición vertical y lateral. La tabla III presenta el resultado de dicha investigación.

**Tabla III. Propiedades mecánicas de las botellas PET**

Botella vacía y colocada verticalmente		Botella vacía y colocada lateralmente	
No. de botella	carga (kg)	No. de botella	carga (kg)
1	15	1	75
2	20	2	50
3	15	3	75
4	25	4	75
5	15	5	75
6	15	6	50
<b>Promedio</b>	<b>17.50</b>	<b>Promedio</b>	<b>66.67</b>

Botella llena y colocada verticalmente		Botella llena y colocada lateralmente	
No. de botella	carga (kg)	No. de botella	carga (kg)
1	35	1	175
2	45	2	125
3	55	3	125
4	30	4	100
5	55	5	150
6	45	6	150
<b>promedio</b>	<b>44.17</b>	<b>promedio</b>	<b>137.50</b>

**Fuente:** Sección de Metales y Productos Manufacturados, CII/USAC

La tabla IV recopila la investigación del peso promedio en gramos de una botella para construir el sistema de botellas PET (Ver sección 2.3); pero se sugiere que el peso promedio sea de 106.6 gramos, ya que este se obtiene de la media de la botellas que fueron llenadas completamente por los voluntarios que participaron en la construcción. El uso de papel como relleno de botellas no es recomendable debido a que al papel se le puede dar otros usos.

**Tabla IV Peso de las botellas PET**

<b>Botellas vacías</b>		
No.	Peso (gr.)	Observación
1	25	Ninguna
2	25	Ninguna
3	27	Ninguna
Promedio	25.7	Ninguna
<b>Botellas llenas</b>		
No.	Peso (gr.)	Observación
1	41	Botella a medio llenar
2	90	Ninguna
3	95	Ninguna
4	41	Botella a medio llenar
5	104	Ninguna
6	56	Botella a medio llenar
7	127	Ninguna
8	117	Ninguna
9	47	Botella a medio llenar
10	193	Botella llena con papel
Promedio	91.1	Ninguna

### **1.2.3. Uso**

El uso de las botellas PET, como se presenta en la Figura 2, es para ocupar el espacio interno que existe entre los paneles, y posteriormente es recubierto con una capa de mortero.



Aproximadamente se necesitan 48 unidades de botellas PET de 600 mililitros por metro cuadrado de panel. Esto puede variar de acuerdo al tamaño de la botella empleada, ya que de contar con otras botellas con mayor capacidad estas también pueden ser utilizadas para ocupar el espacio que existe entre el panel (ver figura 2).

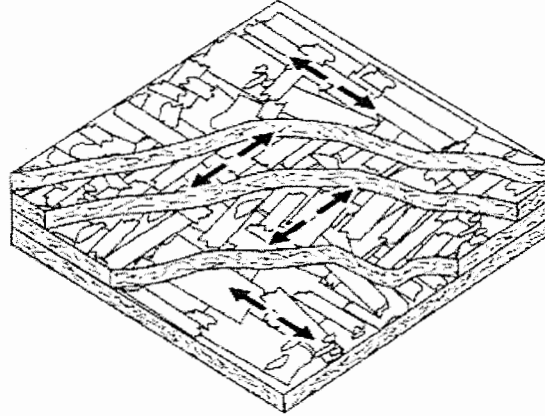
**Figura 2** Uso de las botellas PET en la construcción



### **1.3. Panel OSB**

Es un panel creado a partir de virutas o astillas de madera de pino, orientadas y dispuestas en varias capas a fin de lograr una mayor capacidad de resistencia del material. Se compone de varias capas con orientación normal entre sí por medio de adhesivos resistentes a la humedad e intemperie. En la Figura 3 se presenta la estructura de un panel OSB.

**Figura 3 Estructura del panel OSB**



Fuente: *Ficha Tablero de OSB*, disponible en línea:

<http://www.plataformaarquitectura.cl/2008/11/22/ficha-tablero-de-osb-arauco/>

### **1.3.1. Disponibilidad**

El panel de OSB es un material relativamente nuevo, y por ser un producto manufacturado no es posible encontrarlo en la mayoría de aserraderos. La empresa AMANCO, S.A. fue quien proveyó de dichos paneles para la investigación del proyecto CII/USAC/CONRED/INDIS/URL.

### **1.3.2. Propiedades**

Los paneles OSB, por ser manufacturado de madera, es una material no homogéneo y anisotrópico cuyas propiedades varían de acuerdo con los componentes que se utilizan para crear el mismo. Un resumen de dichas propiedades se muestra en la tabla V.

**Tabla V Propiedades físicas y mecánicas de los paneles de OSB**

Densidad (kg/m <sup>3</sup> )	Longitudinal		Transversal	
	Ruptura (Mpa)	Elasticidad (Mpa)	Ruptura (Mpa)	Elasticidad (Mpa)
595	25	4142	14	1652
Absorción (%)	Tensión perpendicular a las caras del tablero (Mpa)		Hinchamiento (espesor) (%)	
71	0.44		15	

**Fuente:** Evaluación de propiedades físicas y mecánicas de tableros de OSB, Elen Morales, 2007

### 1.3.3. Uso

El uso del panel OSB en la construcción se dio en ciertos paneles para mostrar la facilidad de instalación del mismo y su poco peso. Es sujetado por medio de clavos al marco de madera de pino sin utilizar ningún tipo de material de relleno entre el panel, como se muestra en la figura 4; su tiempo de instalación es el más corto.

**Figura 4 Uso del panel OSB en la construcción**



## **1.4. Cáscara y fibra de coco**

No son un material usual de construcción, su utilización es principalmente un proyecto de reutilización, innovador en parte. Se emplea la parte externa del coco, la parte fibrosa, y esta es separada en fibras, se seca al sol y su uso es principalmente para el relleno de los marcos de los paneles y el recubrimiento de estos.

### **1.4.1. Disponibilidad**

En los lugares donde se cultiva y comercializa el coco, este material es relativamente abundante. Se debe utilizar en lugares cercanos a los puntos de procesamiento, esto para evitar costos innecesarios de transporte, ya que la idea es emplear los materiales propios de la localidad.

### **1.4.2. Uso**

El primer uso que se le dio fue como material de relleno, las partes más grandes de esta cáscara fueron colocadas dentro de los marcos de madera a fin de poder reducir la cantidad de recubrimiento a utilizar como ya se ha mencionado; pero existe el riesgo de la putrefacción de este.

El segundo uso dado es a la fibra en sí misma, es decir, totalmente separa unas de otra, son mezcladas con el suelo para recubrir el panel (ver sección 2.6). Esto con el fin de añadir estabilidad volumétrica a ser utilizado como agregado.

## **1.5. Bajareque**

Más que un material es un sistema constructivo, que utiliza una mezcla de suelo con paja que recubre una estructura rudimentaria de caña. En el caso particular del proyecto CII/USAC/CONRED/INDIS/URL se utilizó caña de carrizo. Este sistema constructivo es altamente utilizado en las zonas rurales de los municipios donde hay poco acceso a otro sistema constructivo, por el alto costo de estos.

### **1.5.1. Disponibilidad**

Limitado únicamente a la disponibilidad del suelo y la paja (sácate seco), se puede disponer de este sistema prácticamente en cualquier lugar de la nación. La idea es utilizar siempre los materiales que se encuentran en la región y siendo preferible que estos se encuentren en el lugar de la construcción.

### **1.5.2. Propiedades**

El bajareque es un sistema constructivo que posee muy baja resistencia a los distintos tipos de esfuerzos, pero es un buen aislante. Se debe tener cuidado en la elección del suelo a utilizar, el índice de plasticidad debe ser bajo para evitar que se agriete por los cambios volumétricos.

### **1.5.3. Uso**

Este sistema constructivo es utilizado únicamente para la elaboración de muros, pero su aplicación debe ser cuidadosa para evitar que se agriete el muro luego de secarse la mezcla de suelo.

## 1.6. Mortero

El mortero es una mezcla de cemento, arena y agua, para formar una pasta capaz de adherirse a la superficie de unidades de mampostería y otros elementos. Sus propiedades dependen de su estado, endurecido o plástico; principalmente, es importante su adherencia por sobre todas las demás.

### 1.6.1. Materiales constitutivos

Para la elaboración del mortero utilizado en la construcción del albergue modelo, se utilizaron productos que son comúnmente encontrados en toda la extensión del país y conocidos por todos. Se puede mencionar:

- **Cemento:** se utilizó cemento tipo GU de la norma ASTM C 1157 *Especificaciones de Desempeño Estándar para Cemento Hidráulico*, producido por Cementos Progreso, S.A., bajo el nombre comercial de “Uso general en la construcción” comercializado en sacos de 42.5 kg, equivalente a un pie cúbico de cemento.
- **Arena:** es preferible que la arena cumpla con la norma ASTM C 144 *Especificación Estándar para Agregados para Morteros de Albañilería*, pero si tal norma no es cumplida se puede utilizar una arena que demuestre desempeño satisfactorio; es decir, que el mortero resultante posea las características deseadas. Vale la pena mencionar que el alto costo de los ensayos es un obstáculo respecto a esta temática.

- **Agua:** se utilizó agua potable, proveniente de los pozos existentes dentro de la ciudad universitaria. Es recomendable que en los lugares donde se construyan los albergues el agua esté libre de todo contaminante nocivo, materia orgánica y ácidos, álcalis, sales y otras sustancias nocivas para el mortero y elementos de acero con los que pueda tener contacto.

### **1.6.2. Dosificación**

La dosificación varió de acuerdo con el uso dado al mortero. Para pegar los bloques “U” de la cimentación (Ver sección 2.2.) es 1:2 y para el resto de los trabajos, están el recubrimiento de los paneles de botellas PET y los acabados, es 1:3. El agua es añadida de acuerdo con la trabajabilidad y puede añadirse más luego de terminado el mezclado de todos los elementos, pero no después de 2 ½ horas transcurridas después de terminar de mezclarse todos los elementos.

### **1.6.3. Propiedades**

Las propiedades de un mortero se dividen en dos grupos, propiedades en estado plástico y en estado sólido o endurecido. En estado plástico la más importante es la trabajabilidad que presenta el mortero, ya que se debe tener un mortero fácil de aplicar y con una adherencia relativamente grande para poder mantenerse en su lugar luego de aplicado. En estado sólido nuevamente es la adherencia, la capacidad de sujetarse a las unidades de mampostería y en particular para el proyecto a la estructura de botellas PET y la malla de gallinero; de igual forma su resistencia a la compresión que es cerca de 125 kg/cm<sup>2</sup> y su peso de 2100 kg/m<sup>3</sup>.

#### **1.6.4. Uso**

Al mortero se la dan los siguientes usos en la construcción del albergue modelo del proyecto:

- Como mortero de mampostería, al utilizarlo para pegar los bloques “U” que forman parte de la cimentación (ver sección 2.2).
- Como material para el recubrimiento de paneles, al aplicarse a los paneles que utilizan las botellas PET como material de relleno (ver sección 2.3).
- Como material para acabados, al recubrir nuevamente todos los paneles para presentar una textura más homogénea y de mejor aspecto.

#### **1.7. Suelo para recubrimiento**

Es una mezcla del suelo propio de una región con arena, pasto o cascabillo de arroz (ver capítulo 2) y el agua necesaria para obtener una correcta plasticidad.

##### **1.7.1. Disponibilidad**

El suelo utilizado para la construcción del albergue modelo del proyecto CII/USAC/CONRED/INDIS/URL es el encontrado superficialmente en las instalaciones del área de Tecnología de Materiales del CII, también es conocida con el nombre de área de prefabricados.



Se utilizó parte del suelo que fue excavado para la cimentación, así como aquel que se removió para la nivelación del terreno, este estrato mide alrededor de 1.00 a 1.50 metros de espesor en todo el campus universitario.

### **1.7.2. Propiedades**

Es un suelo arcillo-limo-arenoso de color café y altamente plástico, INDIS/URL, institución que diseñó el modelo de albergue, especifica que el suelo debe ser entre ligeramente plástico a plástico y los suelos que no apliquen en la clasificación anterior debe ser estabilizados por medio de agregados; arcilla para los suelos no plásticos y arena para los suelos muy plásticos. Esta clasificación la hace por medio de crear cilindros de suelos rolados a mano de un diámetro aproximado de 1.5 centímetros y de 12 a 15 centímetros de largo, debe de hacerse por la persona que desea construir su solución habitacional.

Además, INDIS/URL recomienda hacer un ensayo de sedimentación para poder conocer aproximadamente la granulometría del suelo a utilizar y recomienda la siguiente granulometría: arcilla – 30 %, limo – 15 %, arena – 45 o 55 %; estas cantidades son aproximadas y se determinan por el espesor de los sedimentos.

### **1.7.3. Uso**

El uso principal para el suelo es el de recubrir un panel que contiene en su interior un material orgánico, así como relleno del panel de bajereque tal como se explica en el capítulo 2.

## **2. SISTEMA CONSTRUCTIVO**

El albergue modelo "Versátil" está compuesta con una gran variedad de sistemas constructivos, los cuales buscan aprovechar los recursos existentes en aquellos lugares donde se desee construir así como los métodos constructivos utilizados por los pobladores para crear una unidad habitacional de bajo costo y rápida edificación.

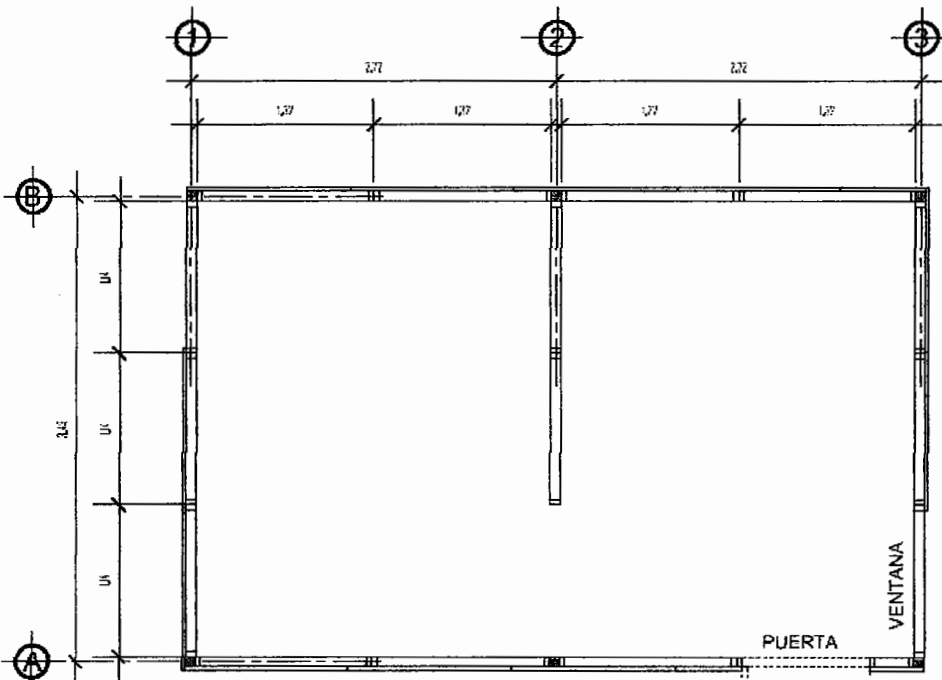
Algunos de estos sistemas y métodos han sido modificados ligeramente para lograr un mejor resultado en la realización del albergue modelo, y principalmente facilitar la construcción y que esta pueda ser hecha por personas con poca o ninguna experiencia en la construcción.

### **2.1. Modulación**

El modelo está constituido por cuatro ambientes, cada uno tiene un área de construcción de nueve metros cuadrados, con un total de treinta y seis metros cuadrados, el cual debe ser construido en módulos de 2 ambientes, colocar puertas y ventanas donde sea necesario para la habitabilidad del mismo.

La figura 5 muestra la configuración y dimensiones para crear un módulo, es posible crear otras configuraciones para obtener distintas áreas de ambientes.

**Figura 5 Módulo básico**

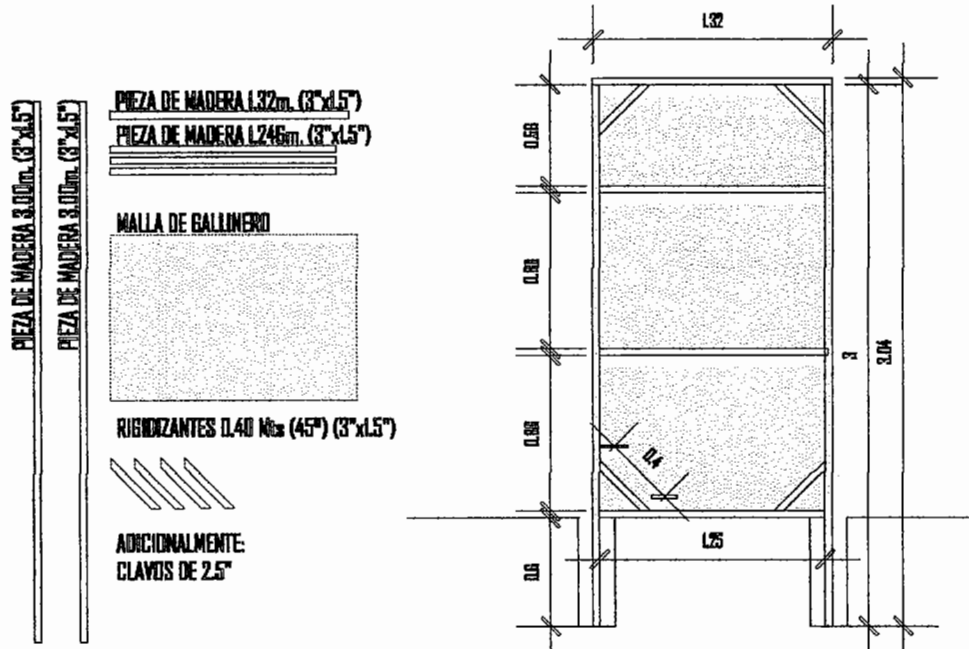


**Fuente:** Instituto de Investigación en Diseño, Universidad Rafael Landívar

Cada ambiente tiene un largo de 3.49 metros y un ancho de 2.72 metros, el lado largo se forma por la colocación de tres paneles de 1.14 metros de largo y el lado ancho por dos paneles de 1.32 metros de largo. De esta modulación básica se obtiene dos paneles típicos, llamados panel 1 al de 1.32 metros de largo y panel 2 al de 1.14 metros de largo.

La figura 6 muestra la cantidad, la forma y las dimensiones de los materiales para elaborar un panel típico 1. Se utilizan para sujetar las piezas clavos de 2 ½ pulgadas y 4 pulgadas. La madera es pino y la especie utilizada es la *Occaparca* y la *Caribaea*, las cuales se utilizan de la misma forma, este material depende siempre de las existencias de los aserraderos.

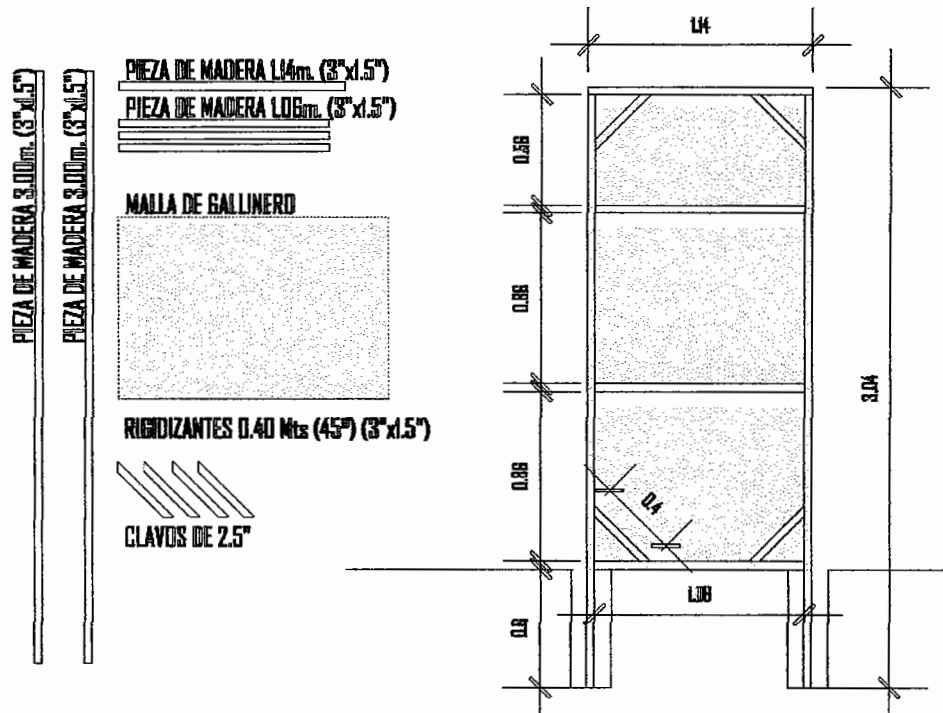
**Figura 6 Construcción de panel típico 1**



**Fuente:** Instituto de Investigación en Diseño, Universidad Rafael Landívar

La figura 7 muestra la cantidad, la forma y las dimensiones de los materiales para elaborar un panel típico 2. Se utilizan para sujetar las piezas clavos de 2 ½ pulgadas y 4 pulgadas. La madera es pino y la especie utilizada es la *Occaparca* y la *Caribaea*, empleadas de la misma forma, este material depende siempre de las existencias de los aserraderos.

Figura 7 Construcción de panel típico 2

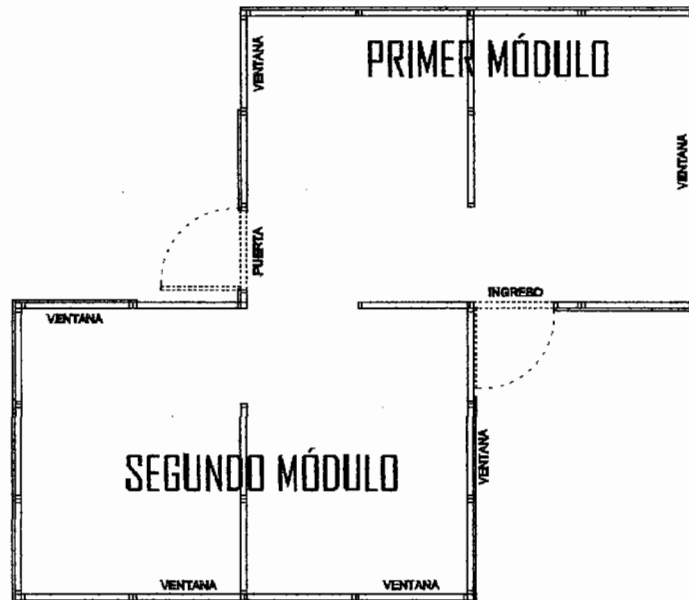


Fuente: Instituto de Investigación en Diseño, Universidad Rafael Landívar

La colocación, desfasada, de dos módulos principales tiene como objeto final crear una solución habitacional funcional, que siga parámetros arquitectónicos y acorde a las necesidades de los posibles usuarios o habitantes y obtener dos patios techados.

La figura 8 muestra la configuración de los dos módulos juntos; vale la pena resaltar que otras combinaciones son posibles, adicionalmente se han ejecutado en el departamento de Sololá distintas construcciones que utilizan el sistema constructivo aquí mostrado.

**Figura 8 Modulación del albergue completo**



**Fuente:** Instituto de Investigación en Diseño, Universidad Rafael Landívar

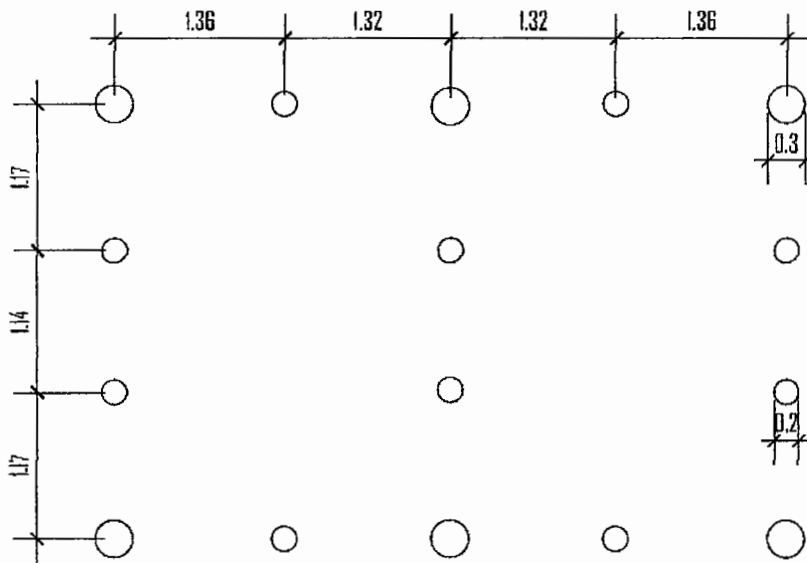
## **2.2. Cimentación**

La cimentación de este tipo de obra está compuesta por dos partes, una es por medio de micro pilotes que son los encargados de soportar la mayor parte de las cargas al suelo y brindarle a las columnas empleadas el soporte tipo empotrado; la segunda parte son bloques "U" que soportan la parte inferior de los paneles, estos son utilizados principalmente para evitar los efectos de putrefacción que presenta la madera al estar en contacto con un medio húmedo como lo es el suelo en estación lluviosa.

### 2.2.1. Detalles

Para la construcción de la cimentación se inicia con la elaboración de los agujeros para colocar posteriormente los micro pilotes, estos tienen una profundidad de 0.60 metros y tienen un diámetro de 0.30 metros y son excavados conforme se muestra en la figura 9. Además se excavan agujeros de 0.20 metros de diámetro e igual profundidad para colocar los paneles, como se muestra en la figura 9.

**Figura 9 Ubicación de micro pilotes para la cimentación**

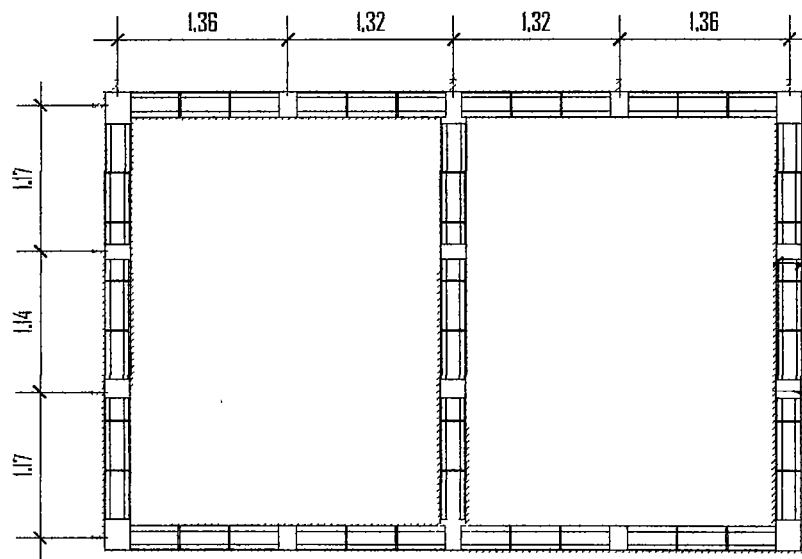


**Fuente:** Instituto de Investigación en Diseño, Universidad Rafael Landívar

De igual forma se realizan las excavaciones para el módulo que se construye al lado, teniendo tres agujeros en común.

Los bloques "U" se colocan siguiendo la línea trazada por los agujeros para los micro pilotes, se debe excavar una zanja de 0.10 metros de profundidad para colocar medio block por debajo del nivel natural del suelo y dejar la otra por sobre este, lo que evita que la putrefacción de los marcos de los paneles. El resultado de la colocación se muestra en la figura 10.

**Figura 10 Ubicación de los bloques U**



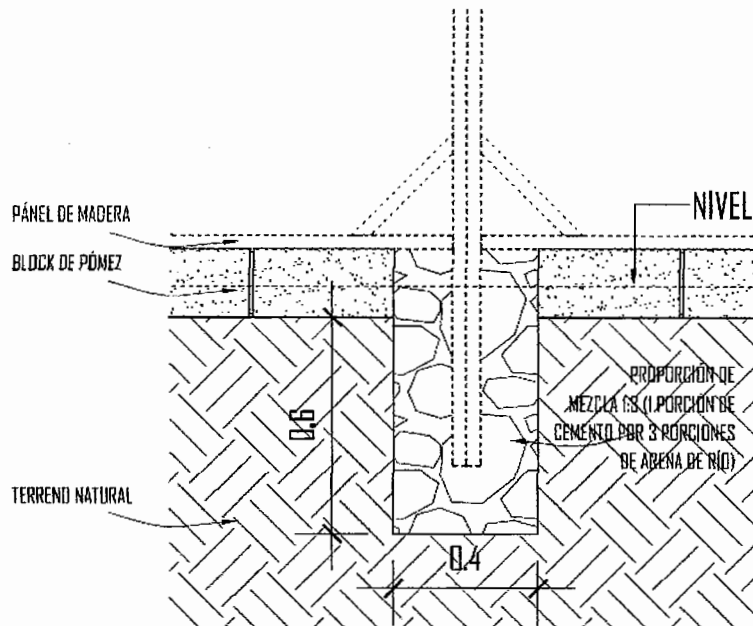
**Fuente:** Instituto de Investigación en Diseño, Universidad Rafael Landívar

El bloque "U" es relleno con una mezcla de concreto pobre, es pegado con un mortero 1:2 y se puede utilizar este mortero u otro tipo de material para poder colocar el bloque en el suelo, este debe estar nivelado.

Posteriormente, se colocan los paneles y luego de se le pone un concreto pobre a los agujeros, dando como resultado final el mostrado en la figura 11.



**Figura 11 Cimentación completa**



**Fuente:** Instituto de Investigación en Diseño, Universidad Rafael Landívar

### **2.3. Panel de botellas PET/mortero**

El panel de botellas PET/mortero es el utilizando principalmente para la construcción del albergue modelo “versátil”. Su idea principal es reutilizar los desechos producidos por los centros urbanos y que son dañinos para el medio ambiente.

#### **2.3.1. Detalles**

Primero se debe colocar primeramente la malla de gallinero de  $\frac{1}{2}$ ” de un rostro del panel. Y sujetarla con la ayuda de grapas y lañas, se debe dejar tensa. Y para este fin se puede utilizar cualquier medio siempre que no se dañe la malla.

Posteriormente, se coloca la malla de gallinero del otro lado, pero dejando un extremo sin sujetar para poder introducir las botellas PET, estas deben introducirse de tal forma que queden ordenadas, la primer fila con la boquilla hacia arriba y la segunda con la boquilla hacia abajo y así sucesivamente; y se debe colocar bolsas de plástico o cualquier otro material para rellenar los huecos que dejen estas; en los lugares donde no sea posible colocar ningún tipo de botella, se debe colocar bolsas o algún otro residuo plástico a fin de ocupar el volumen vacío. Luego se cierra el extremo, tensando la malla, y se tensa nuevamente amarrando ambas mallas con alambre de amarre. La figura 12 muestra como se colocan las botellas PET.

**Figura 12 Colocación de botellas PET en paneles**



La capa de mortero se aplica de un solo lado del panel, no se deben hacer ambas caras al mismo tiempo pues esto daña la colocación del mortero. Aplicando suficiente presión para evitar que caiga el mortero y no pase más allá de la malla de gallinero; la cantidad necesaria para recubrir dicha malla; su espesor es variable pero el valor medio ronda 5 mm de espesor afuera de la malla.

Como un acabado se puede colocar otra una capa de mortero, pero afinando la textura inicial, para esto se emplea arena cernida y utilizando la técnica para repellar una pared convencional, esta capa tiene un espesor de aproximadamente 5 mm y es recomendable que personas con experiencia en acabados realicen este trabajo, pero la idea principal es que los futuros habitantes puedan ayudar a la construcción de su solución habitacional.

## **2.4. Panel de OSB**

La implementación de los paneles hechos con OSB representan una alternativa diferente a la anterior, pero tiene la ventaja de ser mucho más rápida, ya que sólo se debe montar el panel y colocar el OSB.

### **2.4.1. Detalles**

Primero, se debe cortar la plancha de OSB a las medidas del panel que se desea utilizar, luego de ser colocados en los marcos para los paneles se sujetan con clavos de 2½". Después, se les aplica una capa de mortero de aproximadamente 5 mm de espesor para ser protegido de la humedad y evitar así la putrefacción del OSB y del marco de madera, este espesor no debe ser excedido ya que no existe suficiente adherencia entre el panel de OSB y el mortero.

Para cortar los paneles de OSB es necesario utilizar herramienta de carpintería adecuada, sierra circular, caladora, etc., puesto que el material es compacto y con una gran dureza y resistencia.

## **2.5. Panel de bajareque**

El bajareque es un método constructivo utilizado ampliamente en las zonas rurales del país, su aplicación a este modelo de solución habitacional se debe a la experiencia que existe en la utilización de este sistema por las distintas comunidades.

### **2.5.1. Detalles**

Se deben colocar cañas de carrizo verticalmente a cada 20 centímetros, estas deben tener un largo igual a la distancia medida desde la parte superior del elemento horizontal de madera que se apoya sobre el bloque "U" y la parte inferior del elemento horizontal más elevado del panel, el elemento medio del marco para el panel se debe colocar de tal forma que las cañas de carrizo puedan pasar sin sobresalir del marco de madera.

Es necesario también colocar cañas de carrizo en forma vertical cada 50 centímetros y su largo debe ser igual al ancho interno de los marcos para los paneles. Ambas disposiciones de la caña de carrizo, horizontal y vertical, se sujetan entre sí por medio de clavos y se pueden amarrar utilizando algún material plástico, preferiblemente bolsas. Para sujetar la caña de carrizo al marco del panel se utilizan exclusivamente clavos.

La mezcla de suelo y pasto seco (comúnmente llamado sácate) se hace con una dosificación 1:1:0.5 (suelo, arena, pasto seco) y el agua necesaria para crear la consistencia para ser moldeado y este permanezca en su lugar. La forma de mezclar estos materiales es generalmente con los pies descalzos, la utilización de herramientas no tiene la misma eficiencia que el método tradicional, por la viscosidad de este material.

Luego, se agrega una capa de mortero de aproximadamente 5 mm de espesor, para evitar que bichos que transmiten enfermedades habiten en las grietas que se forman en el suelo por los cambios de volumen que sufre este.

## **2.6. Panel de cáscara y fibra de coco**

Este tipo de sistema constructivo es propuesto para aquellos lugares donde la producción y comercialización del coco y sus productos derivados dejan grandes cantidades de su cáscara externa y fibras de la cáscara externa y estos son desechados en los vertederos de basura o apilados en lugares no adecuados.

### **2.6.1. Detalles**

Se debe secar tanto el suelo de recubrimiento como la fibra y cáscara de coco al sol, tanto tiempo como sea necesario, para que la humedad sea mínima al momento de utilizar ambos materiales. Si existe una gran cantidad de humedad en la cáscara de coco está podría pudrirse dentro del panel terminado.

En forma similar a la construcción de paneles de botellas PET/mortero se construye este tipo de panel, tan solo que cambia el relleno de botellas PET y bolsas plásticas por cáscara de coco. Y para recubrir la malla de gallinero se utiliza una mezcla de suelo y fibra de coco con una dosificación 1:1:0.5 (suelo, arena, cascabillo de arroz) y suficiente agua para logra una trabajabilidad adecuada; tanto la fibra de coco, cascabillo de arroz y el suelo deben estar secos y sueltos y mezclarse en este estado, luego se añade el agua necesaria.

### 3. ANÁLISIS DE PANELES

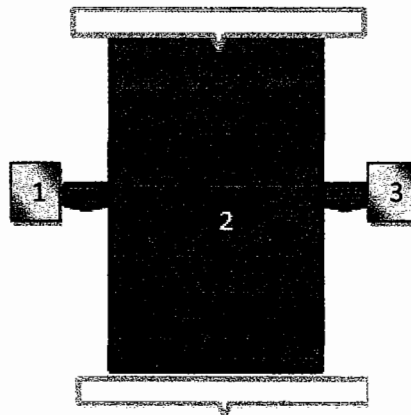
#### 3.1. Ensayos

Para llevar a cabo el análisis estructural del albergue modelo del proyecto CII/USAC/CONRED/INDIS/URL, entre otros ensayos complementarios a los materiales, son los paneles los que realmente importan. Es necesaria la realización de estos ensayos para poder medir la capacidad y resistencia de los paneles que fueron utilizados en la construcción.

##### 3.1.1. Carga gravitacional

El ensayo de carga gravitacional o ensayo de carga vertical se realiza con tres deformómetros llamados 1, 2 y 3. El deformómetro 1 registra el ladeo en el centro de la columna interna ubicada en esa posición; el deformómetro 2 mide la deformación en dirección perpendicular al panel; el deformómetro 3 tiene la misma función que el deformómetro 1, pero la realiza en la otra columna interna del panel; tal como se muestra en la figura 13.

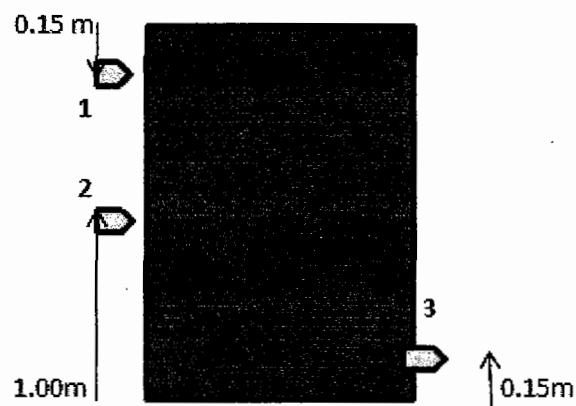
**Figura 13** Ensayo de carga gravitacional



### 3.1.2. Carga de corte

Al inicio del ensayo de corte se utilizaron 3 deformómetros; inicialmente, luego se utilizaron únicamente dos, ya que se anuló el deformómetro llamado 2 que se muestra en la figura 14. El deformómetro 1 mide el desplazamiento horizontal en el punto de aplicación de carga; el deformómetro 2 hace lo mismo que el deformómetro 1 pero en otro punto (ver figura 14) y el deformómetro 3 muestra la deformación sufrida en el punto donde es ubicado.

Figura 14 Ensayo de carga de corte



## 3.2. Panel botella PET/mortero

### 3.2.1. Carga gravitacional

Los datos obtenidos del ensayo se muestran en la tabla VI, estos se muestran tal y como fueron obtenidos.

**Tabla VI Ensayo carga gravitacional panel PET/mortero**

<b>Carga (Lbs)</b>	<b>def.1</b>	<b>def. 2</b>	<b>def.3</b>
3000	0	0	0
4000	1	29	0
5000	6	144	0
6000	6	180	0
7000	6	192	0
8000	6	209	0
9000	6	236	0
10000	7	236	0
14000	7	290	0
18000	8	345	0
21000	4	419	0
22000	0	445	0
23000	-3	505	0
24000	50	728	0

La lectura del deformómetro es de 0.01 mm; la deformación se dio hacia el deformómetro 1, se detiene el ensayo antes que se produzca la ruptura total del elemento.

### **3.2.2. Carga de corte**

Los datos obtenidos del ensayo se muestran en la tabla VII, estos se muestran tal y como fueron obtenidos. En el punto 6 se produce el desprendimiento superficial del mortero que recubre el panel. La lectura del deformómetro es de 0.01 mm; se detiene el ensayo cuando se alcanza el máximo desplazamiento del gato hidráulico.



**Tabla VII Ensayo carga de corte panel PET/mortero**

Carga PSI	def. 1	def. 2	def. 3	
0	0	0	0	
100	4	-1	2	
200	90	-4	2.5	
300	232	-12	5	
400	1190	310	11	
500	1700	419	300	Desprendimiento de mortero
600	3430	560	1100	
625	3529	860	1400	

### 3.2.3. Análisis de ensayos

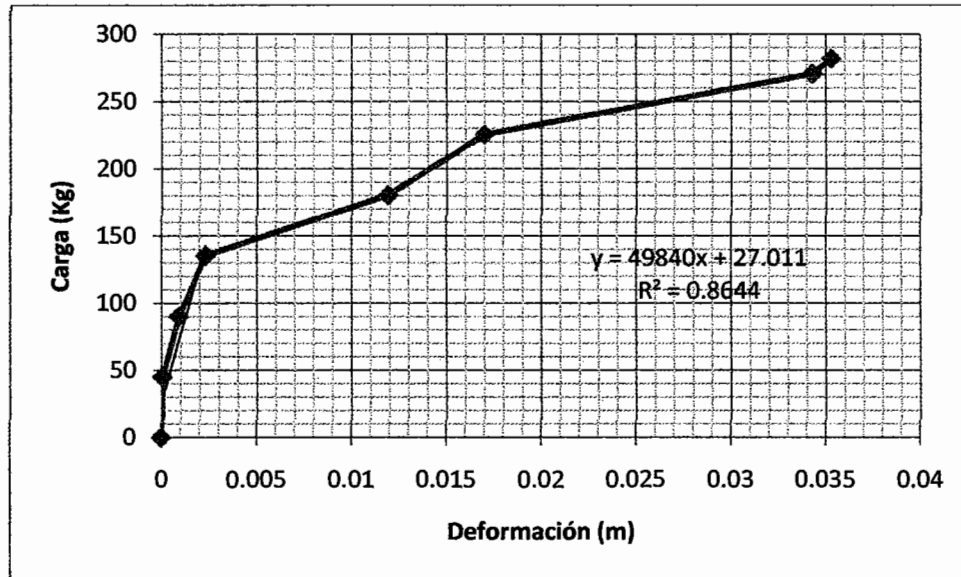
Los resultados del ensayo de corte se muestran en la tabla VIII, la cual muestra el comportamiento del panel y las propiedades que se necesitaran posteriormente.

**Tabla VIII Resultados ensayo a corte panel PET/mortero**

Carga PSI	Carga lb	Carga kg	Esfuerzo (Kg/m <sup>2</sup> )	def. 1	Def (m)	Rigidez (Kg/m)
0	0	0	0	0	0	0
100	99.40	45.09	896.51	4	0.00004	1127176.1200
200	198.80	90.17	1793.01	90	0.0009	100193.4329
300	298.20	135.26	2689.52	232	0.00232	58302.2131
400	397.60	180.35	3586.02	1190	0.0119	15155.3092
500	497.00	225.44	4482.53	1700	0.017	13260.8955
600	596.40	270.52	5379.03	3430	0.0343	7886.9466
625	621.25	281.79	5603.16	3529	0.03529	7985.0958

Se puede observar que durante los primeros 4 puntos se presenta un comportamiento aproximadamente lineal. Luego se produce un incremento en la deformación y se da desprendimiento del mortero; por lo que se puede tomar como rigidez de este tipo de paneles como de 49840 kg/m, valor de la pendiente de la parte lineal de la figura 15, que se utilizará posteriormente.

**Figura 15 Carga deformación panel PET/mortero**



Los resultados del ensayo de carga gravitacional se muestran en la tabla IX, la cual muestra el comportamiento del panel y las propiedades que se necesitarán posteriormente.

**Tabla IX Resultados ensayo a compresión panel PET/mortero**

Carga (Lbs)	Carga (Kg)	def.1	def.2	def.3	def.1(m)	def.2(m)	def.3(m)	der.1(m/m)	der.2(m/m)	der.3(m/m)
3000	1360.776	0	0	0	0	0	0	0.00000	0.00000	0
4000	1814.368	1	29	0	0.00001	0.00029	0	0.00000	0.00012	0
5000	2267.96	6	144	0	0.00006	0.00144	0	0.00002	0.00059	0
6000	2721.552	6	180	0	0.00006	0.0018	0	0.00002	0.00074	0
7000	3175.144	6	192	0	0.00006	0.00192	0	0.00002	0.00079	0
8000	3628.736	6	209	0	0.00006	0.00209	0	0.00002	0.00086	0
9000	4082.328	6	236	0	0.00006	0.00236	0	0.00002	0.00097	0
10000	4535.92	7	236	0	0.00007	0.00236	0	0.00003	0.00097	0
14000	6350.288	7	290	0	0.00007	0.0029	0	0.00003	0.00119	0
18000	8164.656	8	345	0	0.00008	0.00345	0	0.00003	0.00141	0
21000	9525.432	4	419	0	0.00004	0.00419	0	0.00002	0.00172	0
22000	9979.024	0	445	0	0	0.00445	0	0.00000	0.00182	0
23000	10432.616	-3	505	0	-0.00003	0.00505	0	-0.00001	0.00207	0
24000	10886.208	50	728	0	0.0005	0.00728	0	0.00020	0.00298	0

### 3.3. Panel OSB

#### 3.3.1. Carga gravitacional

Los datos obtenidos del ensayo se muestran en la tabla X, estos se muestran tal y como fueron obtenidos.

**Tabla X Ensayo carga gravitacional panel OSB**

<b>Carga (lbs)</b>	<b>def.1</b>	<b>def. 2</b>	<b>def.3</b>
3000	0	0	0
4000	5	245	-7
5000	9	520	-10
6000	25	1100	-2
7000	37	1770	4
8000	95	1800	1
9000	104	1870	-6
10000	107	6200	-5
11000	109	infinito	-6

Los valores mostrados de este ensayo son la lectura directa del deformómetro que posee una aproximación de 0.01 milímetros.

#### 3.3.2. Carga de corte

Los datos obtenidos del ensayo se muestran en la tabla XI, estos se muestran tal y como fueron obtenidos.

**Tabla XI Ensayo carga de corte panel OSB**

<b>Carga PSI</b>	<b>def. 1</b>	<b>def. 2</b>	<b>def. 3</b>
0	0	0	0
100	675	240	4.5
200	600	440	22
300	330	530	62
400	1290	720	147
500	2465	1140	223
600	3610	1530	292
650	4530	2035	365

Los valores mostrados de este ensayo son la lectura directa del deformómetro que posee una aproximación de 0.01 milímetros.

### **3.3.3. Análisis de ensayos**

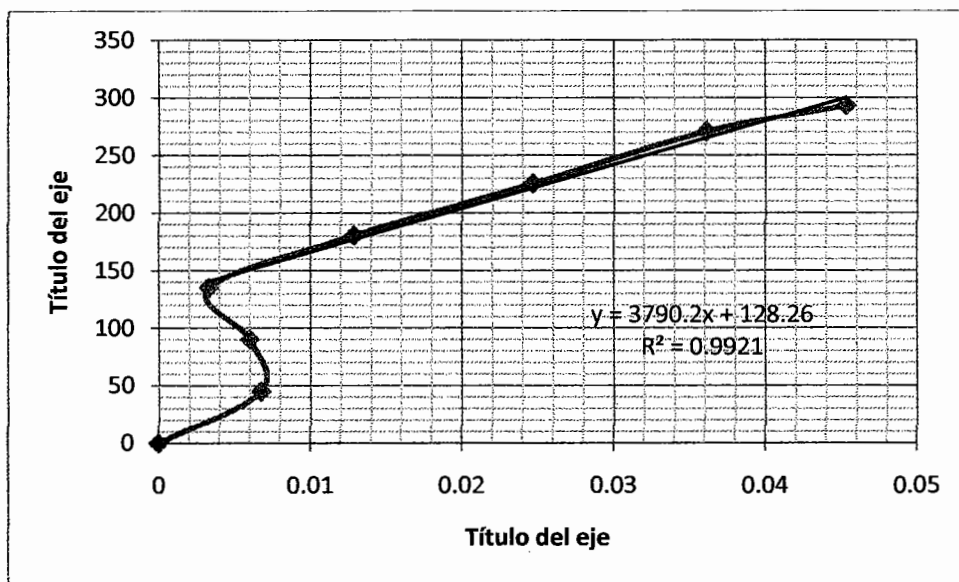
Los resultados del ensayo de corte se muestran en la tabla XII, la cual muestra el comportamiento del panel y las propiedades que se necesitarán posteriormente.

**Tabla XII Resultados ensayo a corte panel OSB**

<b>Carga PSI</b>	<b>Carga lb</b>	<b>carga kg</b>	<b>Esfuerzo (kg/m<sup>2</sup>)</b>	<b>def. 1</b>	<b>def (m)</b>	<b>Rigidez (kg/m)</b>
0	0	0	0	0	0	0
100	99.4	45.0870448	896.505305	675	0.00675	6679.562193
200	198.8	90.1740896	1793.01061	600	0.006	15029.01493
300	298.2	135.261134	2689.515915	330	0.0033	40988.22255
400	397.6	180.348179	3586.02122	1290	0.0129	13980.47901
500	497	225.435224	4482.526525	2465	0.02465	9145.445193
600	596.4	270.522269	5379.03183	3610	0.0361	7493.691657
650	646.1	293.065791	5827.284483	4530	0.0453	6469.443514

La figura 16 muestra la gráfica de carga-deformación del panel de OSB a ensayo de corte. Se puede observar que durante los primeros 3 puntos existe un acomodamiento de panel, posteriormente se comporta linealmente con una rigidez de 3790.2 kg/m.

**Figura 16 Carga deformación panel OSB**



Los resultados del ensayo de carga gravitacional se muestran en la tabla XIII, la cual indica el comportamiento del panel y las propiedades que se necesitarán posteriormente.

**Tabla XIII Resultados ensayo a compresión panel OSB**

Carga (lbs)	Carga (kg)	def.1	def. 2	def.3	def.1 (m)	def. 2 (m)	def.3 (m)	def.1 (m/m)	def. 2 (m/m)	def.3 (m/m)
3000	1360.776	0	0	0	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
4000	1814.368	5	245	-7	0.00005	0.00245	-0.00007	0.00002	0.00100	-0.00003
5000	2267.96	9	520	-10	0.00009	0.00520	-0.00010	0.00004	0.00213	-0.00004
6000	2721.552	25	1100	-2	0.00025	0.01100	-0.00002	0.00010	0.00451	-0.00001
7000	3175.144	37	1770	4	0.00037	0.01770	0.00004	0.00015	0.00725	0.00002
8000	3628.736	95	1800	1	0.00095	0.01800	0.00001	0.00039	0.00738	0.00000
9000	4082.328	104	1870	-6	0.00104	0.01870	-0.00006	0.00043	0.00766	-0.00002
10000	4535.92	107	6200	-5	0.00107	0.06200	-0.00005	0.00044	0.02541	-0.00002
11000	4989.512	109	Infinito	-6	0.00109	Infinito	-0.00006	0.00045	Infinito	-0.00002

### 3.4. Panel coco/suelo

#### 3.4.1. Carga gravitacional

Los datos obtenidos del ensayo se muestran en la tabla XIV, estos se indican tal y como fueron obtenidos.

**Tabla XIV Ensayo carga gravitacional panel coco/suelo**

<b>Carga (lbs)</b>	<b>def.1</b>	<b>def. 2</b>	<b>def.3</b>
3000	0	0	0
4000	0	0	1
5000	1	0	1
6000	1	0	1
7000	1	1	1
8000	3	1	1.5
9000	3	1	2
10000	4	1	2
14000	4.5	2	2.5
18000	7	2	4
21000	9	2.5	5.5
22000	11	3	7
23000	11	3	8.5
24000	12.5	4	9.5

Los valores mostrados de este ensayo son la lectura directa del deformómetro que posee una aproximación de 0.01 milímetros.

#### 3.4.2. Carga de corte

Los datos obtenidos del ensayo se muestran en la tabla XV, estos se indican tal y como fueron obtenidos.

**Tabla XV Ensayo carga de corte panel coco/suelo**

<b>Carga PSI</b>	<b>def. 1</b>	<b>def. 2</b>	<b>def. 3</b>
0	0	0	0
100	1	0	0
200	1	0	0
300	3	0	1
400	6	0	2
500	8	0	5
600	12	0	9
750	16	0	12

Los valores mostrados de este ensayo son la lectura directa del deformómetro que posee una aproximación de 0.01 milímetros.

### **3.4.3. Análisis de ensayos**

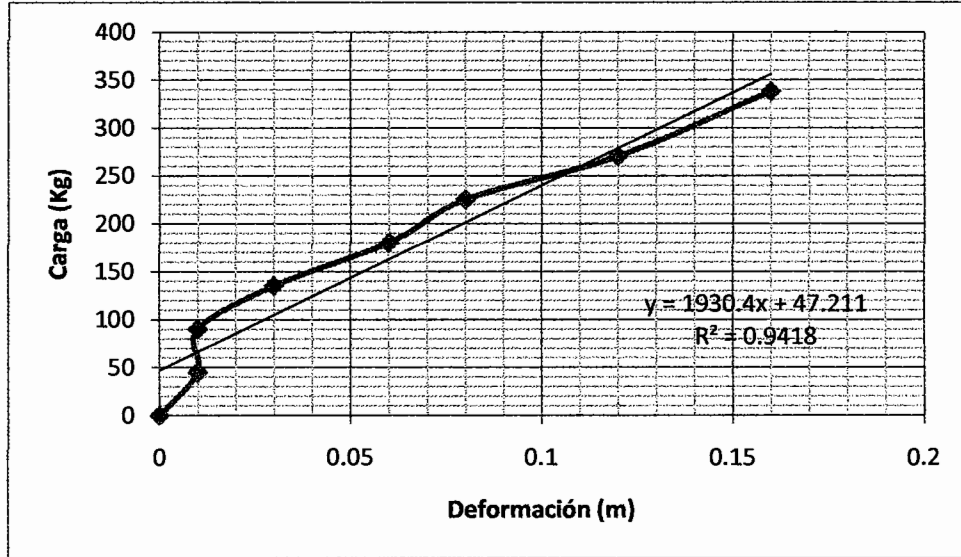
Los resultados del ensayo de corte se muestran en la tabla XVI, la cual indica el comportamiento del panel y las propiedades que se necesitaran posteriormente.

**Tabla XVI Resultados ensayo a corte coco/suelo**

<b>Carga PSI</b>	<b>Area Gato</b>	<b>def. 1</b>	<b>Carga Lb</b>	<b>Carga kg</b>	<b>Esfuerzo</b>	<b>Def</b>	<b>Rigidez (Kg/m)</b>
0	0.994	0	0	0	0	0	0
100	0.994	1	99.4	45.0870448	896.505305	0.01	4508.70448
200	0.994	1	198.8	90.1740896	1793.01061	0.01	9017.40896
300	0.994	3	298.2	135.261134	2689.51592	0.03	4508.70448
400	0.994	6	397.6	180.348179	3586.02122	0.06	3005.802987
500	0.994	8	497	225.435224	4482.52653	0.08	2817.9403
600	0.994	12	596.4	270.522269	5379.03183	0.12	2254.35224
750	0.994	16	745.5	338.152836	6723.78979	0.16	2113.455225

La figura 17 muestra la gráfica de carga-deformación del panel de coco/suelo a ensayo de corte. Se puede observar un comportamiento aproximadamente lineal; por lo que se puede tomar como rigidez de este tipo de paneles como de 1930.4 kg/m, valor que utilizará posteriormente.

**Figura 17 Carga deformación panel coco/suelo**



Los resultados del ensayo de carga gravitacional se muestran en la tabla XVII, donde se indica el comportamiento del panel y las propiedades que se necesitarán posteriormente.

**Tabla XVII Resultados ensayo a compresión coco/suelo**

Carga (lbs)	Carga (kg)	def.1	def.2	def.3	def.1 (m)	def.2 (m)	def.3 (m)	def.1 (m/m)	def.2 (m/m)	def.3 (m/m)
3000	1360.776	0	0	0	0	0	0	0.000000	0.000000	0.000000
4000	1814.368	0	0	1	0	0	0.00001	0.000000	0.000000	0.000004
5000	2267.96	1	0	1	0.00001	0	0.00001	0.000004	0.000000	0.000004
6000	2721.552	1	0	1	0.00001	0	0.00001	0.000004	0.000000	0.000004
7000	3175.144	1	1	1	0.00001	0.00001	0.00001	0.000004	0.000004	0.000004
8000	3628.736	3	1	1.5	0.00003	0.00001	0.000015	0.000012	0.000004	0.000006
9000	4082.328	3	1	2	0.00003	0.00001	0.00002	0.000012	0.000004	0.000008
10000	4535.92	4	1	2	0.00004	0.00001	0.00002	0.000016	0.000004	0.000008
14000	6350.288	4.5	2	2.5	0.000045	0.00002	0.000025	0.000018	0.000008	0.000010
18000	8164.656	7	2	4	0.00007	0.00002	0.00004	0.000029	0.000008	0.000016
21000	9525.432	9	2.5	5.5	0.00009	0.000025	0.000055	0.000037	0.000010	0.000023
22000	9979.024	11	3	7	0.00011	0.00003	0.00007	0.000045	0.000012	0.000029
23000	10432.616	11	3	8.5	0.00011	0.00003	0.000085	0.000045	0.000012	0.000035
24000	10886.208	12.5	4	9.5	0.000125	0.00004	0.000095	0.000051	0.000016	0.000039



### **3.5. Panel bajareque**

#### **3.5.1. Carga gravitacional**

Los datos obtenidos del ensayo se muestran en la tabla XVIII, estos se presentan tal y como fueron obtenidos.

**Tabla XVIII Ensayo carga gravitacional bajareque**

<b>Carga (lbs)</b>	<b>def.1</b>	<b>def. 2</b>	<b>def.3</b>
3000	0	0	0
4000	1	1	2
5000	1.5	1	3
6000	4	1	5
7000	7	3	8
8000	9	3	11
9000	11	4	14
10000	14	4.5	15
14000	17	5	18
18000	18.5	7	19
21000	21	8.5	23
22000	23	11	25
23000	48	17	52
24000	53	22	65

Los valores mostrados de este ensayo son la lectura directa del deformómetro que posee una aproximación de 0.01 milímetros.

#### **3.5.2. Carga de corte**

Los datos obtenidos del ensayo se muestran en la tabla XIX, estos se presentan tal y como fueron obtenidos.

**Tabla XIX Ensayo carga de corte panel bajareque**

<b>Carga PSI</b>	<b>def. 1</b>	<b>def. 2</b>	<b>def. 3</b>
0	15.3	0	0
100	16.3	0	0
200	17.5	0	0
300	18.4	0	1
400	19.5	0	2
500	20.1	0	5
600	21.4	0	9
700	22.6	0	12

Los valores mostrados de este ensayo son la lectura directa del deformómetro que posee una aproximación de 0.01 milímetros.

### **3.5.3. Análisis de ensayos**

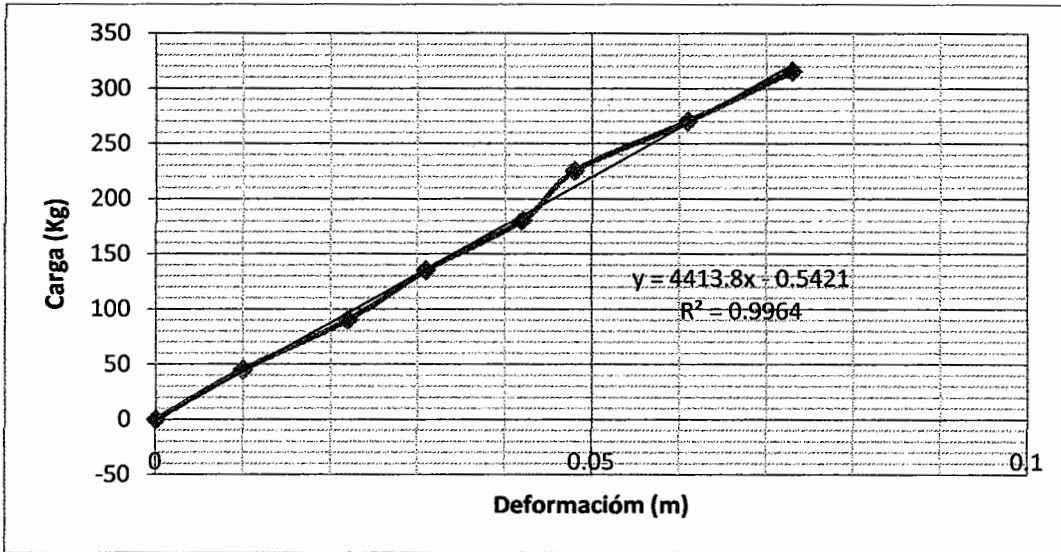
Los resultados del ensayo de corte se muestran en la tabla XX, en ésta se señala el comportamiento del panel y las propiedades que se necesitaran posteriormente.

**Tabla XX Resultados ensayo a corte bajareque**

<b>Carga PSI</b>	<b>Fuerza lb</b>	<b>Fuerza Kg</b>	<b>Esfuerzo (Kg/m<sup>2</sup>)</b>	<b>def. 1</b>	<b>Def (m)</b>	<b>Rigidez (Kg/m)</b>
0	0	0	0	0	0	0
100	99.4	45.0870	896.5053	1	0.01	4508.7045
200	198.8	90.1741	1793.0106	2.2	0.022	4098.8223
300	298.2	135.2611	2689.5159	3.1	0.031	4363.2624
400	397.6	180.3482	3586.0212	4.2	0.042	4294.0043
500	497	225.4352	4482.5265	4.8	0.048	4696.5672
600	596.4	270.5223	5379.0318	6.1	0.061	4434.7913
700	695.8	315.6093	6275.5371	7.3	0.073	4323.4153

La figura 18 muestra la gráfica de carga-deformación del panel de bajareque a ensayo de corte. Se puede observar un comportamiento aproximadamente lineal entre el punto de inicial que se finalizó el ensayo; por lo que se puede tomar como rigidez 4413.8 kg/m.

**Figura 18 Carga deformación panel bajareque**



Los resultados del ensayo de carga gravitacional se muestran en la tabla XXI, indica el comportamiento del panel y las propiedades que se necesitarán posteriormente.

**Tabla XXI Resultados ensayo a compresión bajareque**

Carga (lbs)	Carga (Kg)	def.1	def. 2	def.3	def.1 (m)	def. 2 (m)	def.3 (m)	def.1 (m/m)	def. 2 (m/m)	def.3 (m/m)
3000	1360.776	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4000	1814.368	1	1	2	0.00001	0.00001	0.00002	0.000004	0.000004	0.000008
5000	2267.96	1.5	1	3	1.5E-05	0.00001	0.00003	0.000006	0.000004	0.000012
6000	2721.552	4	1	5	0.00004	0.00001	0.00005	0.000016	0.000004	0.000020
7000	3175.144	7	3	8	0.00007	0.00003	0.00008	0.000029	0.000012	0.000033
8000	3628.736	9	3	11	0.00009	0.00003	0.00011	0.000037	0.000012	0.000045
9000	4082.328	11	4	14	0.00011	0.00004	0.00014	0.000045	0.000016	0.000057
10000	4535.92	14	4.5	15	0.00014	0.000045	0.00015	0.000057	0.000018	0.000061
14000	6350.288	17	5	18	0.00017	0.00005	0.00018	0.000070	0.000020	0.000074
18000	8164.656	18.5	7	19	0.00019	0.00007	0.00019	0.000076	0.000029	0.000078
21000	9525.432	21	8.5	23	0.00021	0.000085	0.00023	0.000086	0.000035	0.000094
22000	9979.024	23	11	25	0.00023	0.00011	0.00025	0.000094	0.000045	0.000102
23000	10432.616	48	17	52	0.00048	0.00017	0.00052	0.000197	0.000070	0.000213
24000	10886.208	53	22	65	0.00053	0.00022	0.00065	0.000217	0.000090	0.000266

## **4. ANÁLISIS ESTRUCTURAL ALBERGUE “VERSÁTIL”**

### **4.1. Integración de cargas**

#### **4.1.1. Cargas muertas**

Dada la gran diversidad de sistemas constructivos utilizados en la construcción del modelo de albergue, la integración de las cargas muertas debe hacerse con especial cuidado, puesto que cada sistema tiene distintos materiales que lo componen y estos a su vez distintas cargas. Algunos de estos pesos han sido tomados de *“ACI International, International Publication Series IPS-1, Requisitos Esenciales para Edificaciones de Concreto Reforzado”*.

##### **4.1.1.1. Distribución**

###### **4.1.1.1.1. Techo**

El techo del modelo de albergue está formado por una estructura de madera, vigas y tendales. Los tendales se apoyan a las vigas y estas a los paneles y columnas; su distribución es uniforme de 1.33 kg/m y 1.50 kg/m respectivamente; sobre esta estructura, la cubierta de lámina está apoyada en los tendales, funciona en una dirección, puesto que no existe apoyo en dos de sus lados y distribuye una carga 4.4 kg/m a los tendales; es decir, que a un tendal se le requiere 5.73 kg/m y a la viga 1.50 kg/m, más las cargas concentradas en los puntos de apoyo de los tendales.

#### 4.1.1.1.2. Paneles

La tabla XXII muestra la carga muerta del panel PET/Mortero, típico 1 y típico 2.

Tabla XXII Carga panel PET/mortero

Panel típico 1		Panel típico 2	
Material	Peso (kg)	Material	Peso (kg)
Madera	18.93	Madera	15.67
Botellas	16.20	Botellas	13.96
Mortero, incluye malla	332.64	Mortero, incluye malla	287.28
Clavos, Grapas, lañas, otros	0.50	Clavos, Grapas, lañas, otros	0.5
<b>Total</b>	<b>368.27</b>	<b>Total</b>	<b>317.41</b>

La tabla XXIII muestra la carga muerta del panel OSB, típico 2.

Tabla XXIII Carga panel OSB

Panel típico 2	
Material	Peso (kg)
Madera	15.67
OSB	48.84
Mortero	28.73
Clavos, Grapas, lañas, otros	1
<b>Total</b>	<b>94.24</b>

La tabla XXIV, muestra la carga muerta del panel coco/suelo, típico 1 y típico 2.

**Tabla XXIV Carga panel coco/suelo**

<b>Panel típico 1</b>		<b>Panel típico 2</b>	
<b>Material</b>	<b>Peso (kg)</b>	<b>Material</b>	<b>Peso (kg)</b>
Madera	18.93	Madera	15.67
Cáscara de coco	15.00	Cáscara de coco	12.00
Mezcla de suelo	253.44	Mezcla de suelo	218.88
Clavos, Grapas, lañas, otros	0.50	Clavos, Grapas, lañas, otros	0.50
<b>Total</b>	<b>287.87</b>	<b>Total</b>	<b>247.05</b>

La tabla XXV muestra la carga muerta del panel bajareque, típico 1.

**Tabla XXV. Carga Panel bajareque**

<b>Panel típico 1</b>	
<b>Material</b>	<b>Peso (kg)</b>
Madera	18.93
Carrizo	5.00
Bajareque	386.24
Mortero	66.43
Clavos, Grapas, lañas, otros	0.50
<b>Total</b>	<b>287.87</b>

#### **4.1.1.1.3. Columnas**

En la construcción del modelo de albergue existen dos tipos de columnas, las ubicadas a lo largo del eje "B" y las ubicadas en los Ejes "A" y "C", las primeras tiene una carga de 10.80 kg. y las segundas de 9.10 kg.

#### **4.1.1.1.4. Otros**

Dado que los paneles son rectangulares, pero el techo es a dos aguas con una inclinación de aproximadamente 16%, se crea un espacio rectangular a todo lo largo del eje "B" y también en los todos los ejes paralelos a "B", este espacio fue ocupado al utilizar el mismo sistema constructivo del panel que se encuentra inmediatamente debajo de dicho espacio.

En el eje "B" y entre los ejes "1" y "2" se utilizó bajareque y la carga de cada uno de estos es de 113.40 kg. Entre los ejes "2" al "4" se utilizo el sistema de PET/Mortero el peso de cada uno de estos, donde haya panel, es de 87.47 Kg.

Los ejes "1", "2", "3" y "4", estos espacios forman triángulos; para el eje "1" sobre el panel ubicado junto al eje "A" de coco/suelo la carga es de 10.84 kg. Para el panel de OSB centrado entre el eje "A" y "B" la carga es de 11.36 kg. Para el panel de OSB ubicado junto al eje "B" es de 18.60 kg. Para los ejes "2", "3" y "4" que fueron construidos con paneles de PET/mortero, para los paneles ubicados junto al eje "B" es de 62.65 kg. Para los paneles centrados entre el eje "B" y el eje "A" ó "C", según sea el caso, la carga será de 38.28 kg. Para los paneles ubicados junto al eje "A" ó "C", según sea el caso, la carga será de 13.92 kg.

#### **4.1.2. Cargas vivas**

De acuerdo con el Código Uniforme de Construcción 1997 (*1997 Uniform Building Code*) UBC-97, tabla 16-A, la carga uniformemente distribuida para la categoría residencial, en la construcción de un piso básico es de 40 psf (200 kg/m<sup>2</sup>).

De igual forma el Código Internacional de Construcción 2006 (*2006 International Building Code*) IBC-2006, tabla 1607.1, fija una carga de 40 psf (200 kg/m<sup>2</sup>) para la categoría residencial de las áreas que no sean balcones o cubiertas.

El área del techo, al ser de lámina y madera, y estar inclinada (a dos aguas), no se le asigna ninguna carga viva, puesto que es imposible ubicarle cualquier tipo de mobiliario y/o equipo, asimismo, no permite la presencia de persona alguna. Aunque en alguna ocasión puede ocurrir que el calibre de la lámina, así como, la distancia entre los vanos que sostienen dicha lámina no están en capacidad para sostener a una persona por prolongado tiempo.

#### **4.1.2.1. Distribución**

Este tipo de carga se encuentra distribuida de forma uniforme en toda el área del albergue que se tiene destinada para los usuarios, es decir, sobre el concreto que se destinó como piso. Esta carga es transmitida directamente al suelo debajo de ella y no utiliza la estructura del albergue para ser transmitida.

#### **4.1.3. Carga sísmica**

En cumplimiento del código UBC-97, la tabla XXVI muestra los parámetros para calcular el corte basal del modelo de albergue.



**Tabla XXVI Parámetros para calcular corte basal**

Parámetro	Valor	Tabla
Zona sísmica	4	Section 1653
Tipo de suelo	SE	16-J
falla	B	16-U
Distacia	5 km	
I	1	16-K
R	4.5	16-N
Z	0.4	16-I
Ca	0.36 Na	16-Q
Cv	0.41 Nv	16-R
Na	1	16-S
Nv	1.2	16-T

**Fuente:** Código Uniforme de Construcción 1997 (UBC-97)

El periodo de oscilación de la estructura se calculó con el método A del mencionado código y se utilizó la ecuación 30-8, tal como se muestra a continuación:

$$T = c_t(H)^{3/4}$$
$$T = 0.0488(2.4)^{3/4}$$
$$T = 0.0941 \text{ seg.}$$

El corte basal de la estructura, de acuerdo con la ecuación 30-4 del código, es:

$$V = \frac{C_v I}{RT} W$$
$$V = \frac{(0.96)(1.2)(1)}{(4.5)(0.0941)} W$$
$$V = 2.72W$$

Este corte no necesita exceder el valor de la ecuación 30-5 del código, como se muestra:

$$V = \frac{2.5C_a I}{R} W$$
$$V = \frac{2.5(0.36)(1)(1)}{4.5} W$$
$$V = 0.20W$$

El corte basal no puede ser menor que lo establecido en la ecuación 30-6 del código, como se muestra:

$$V = 0.11C_a I W$$
$$V = 0.11(0.36)(1)(1)W$$
$$V = 0.0396W$$

Pero por ser catalogada la Ciudad de Guatemala como zona sísmica 4, el corte no puede ser menor que lo establecido en la ecuación 30-7 del código, como se muestra:

$$V = \frac{0.8Z N_v I}{R} W$$
$$V = \frac{0.8(0.4)(1.2)(1)}{4.5} W$$
$$V = 0.0853W$$

De los cuatro valores de corte basal, el código permite seleccionar el valor que el desarrollador de un proyecto considere adecuado, es decir que no puede ser menor que el mínimo establecido en la ecuación 30-6 y para Guatemala la ecuación 30-7, ni debe exceder el valor de la ecuación 30-4.

Al considerar que el periodo de oscilación de la estructura calculada por el método A, del albergue es muy corto, dada la poca altura de los elementos resistentes, es poco probable que se produzca un corte de basal de 2.72W; y el mínimo de 0.853W puede ser insatisfactorio en la mayoría de casos; el valor de 0.20W recomendado por el código es óptimo, puesto que en muchos casos el corte basal de estructuras de dimensiones mayores y sistemas constructivos más pesados y rígidos suelen no exceder el 0.16W.

#### **4.1.3.1. Distribución**

La distribución de fuerzas inducidas por eventos sísmicos a los elementos resistentes se hace por medio de un diafragma, se tiene como principal característica ser un elemento horizontal en donde se aplica la carga sísmica; la cubierta del modelo de albergue no es considerada como un diafragma, principalmente por no ser un elemento continuo, monolítico y pesado. La ausencia del diafragma no implica que no exista la inducción de fuerzas sísmicas, ya que la aplicación se da directamente en los elementos resistentes, para este caso en particular los paneles, diseñados para resistir dichas fuerzas en su eje longitudinal y el desplazamiento transversal de su base, por lo que se desprecia la resistencia transversal de los paneles.

Por lo tanto, la distribución de fuerzas sísmicas para cada sentido será de 0.20W conformado por la carga muerta "D" de la estructura que llega a los elementos resistentes, cuando se considere la dirección de la fuerza inducida por el sismo perpendicular al eje resistentes del panel, se distribuirá por el método de área tributaria tomando en cuenta el conjunto de paneles ubicados en esa dirección que incrementa la acción de los paneles que en ese análisis se encuentra colocados en forma longitudinal.

#### 4.1.3.2. Excentricidad

La excentricidad se produce cuando existe una diferencia en la ubicación del centro de gravedad de piso bajo análisis y el centroide de las rigideces que soportan dicha acción. Al no existir un diafragma y ser la modulación simétrica, no se considera para este caso en particular la acción de excentricidades que pudieran afectar a la estructura.

#### 4.1.4. Carga de viento

En cumplimiento de lo establecido en el código UBC-97, la tabla XXVII muestra los parámetros necesarios para la determinación de la presión de diseño.

**Tabla XXVII Parámetros para calcular presión de diseño**

Parámetro	Valor	Tabla
Exposición	B	Section 1616
Velocidad de diseño	112 km/h	16-F
qs	61.62 kg/m <sup>2</sup>	16-F
Ce	0.62	16-G
Cq	Ver 4.1.4.1	16-H
Iw	1	16-K

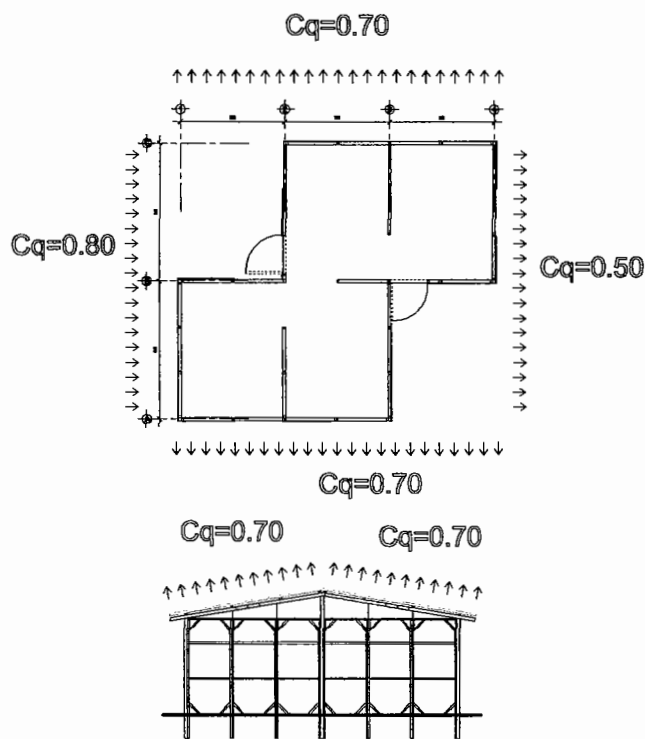
**Fuente:** Código Uniforme de Construcción 1997 (UBC-97)

#### 4.1.4.1. Distribución

De acuerdo con el Atlas Meteorológico del Instituto de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología (INSIVUMEH), la dirección promedio de los vientos de la Ciudad de Guatemala tienen un rumbo suroeste (SW) que al ser comparado con la ubicación de la construcción del modelo de albergue se puede resumir en que el viento corre en dirección del eje "1" al eje "4".

Al utilizar el método "A" de código, consignado en la tabla 16-H del mismo, la figura 19 muestra la ubicación de los factores  $C_q$  para realizar la distribución.

**Figura 19 Distribución del factor  $C_q$  según método "A" UBC-97**



Para conocer la presión de diseño por efectos del viento es necesario aplicar la ecuación 20-1 de dicho código, de la forma que sigue:

$$P = C_e C_q q_s I_w$$

Como el valor de  $C_q$  varia, se presentan a continuación la aplicación de la ecuación 20-1 del UBC-97, para los distintos  $C_q$  indicados en la figura 19.

$$P = (0.62)(0.80)(61.52)(1)$$

$$P = 30.51 \text{ kg/m}^2$$

$$P = (0.62)(0.70)(61.52)(1)$$

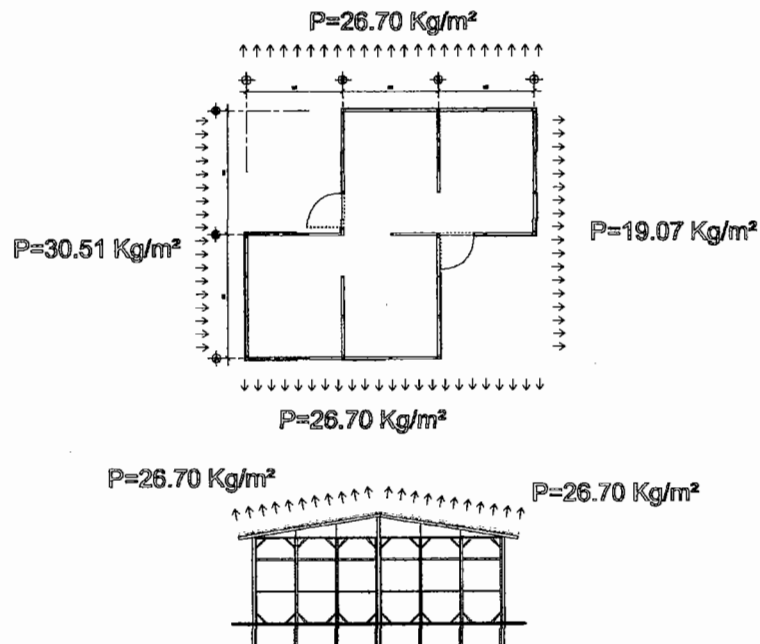
$$P = 26.70 \text{ kg/m}^2$$

$$P = (0.62)(0.50)(61.52)(1)$$

$$P = 19.07 \text{ kg/m}^2$$

Estos cálculos se pueden apreciar mejor en el resumen mostrado en la figura 20.

**Figura 20** Distribución de presiones de diseño según método "A" UBC-97



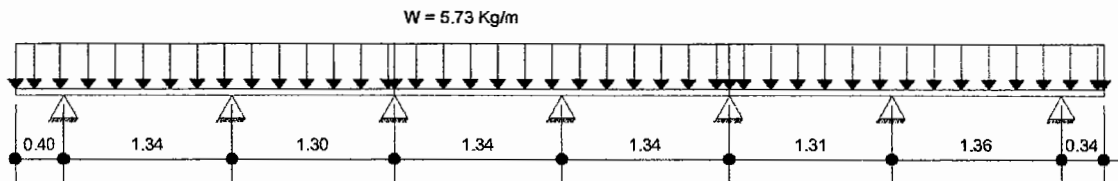
## 4.2. Análisis estructural

Para la presente sección se realizará de la siguiente forma, primero el análisis de los tendales, luego las vigas y posteriormente los paneles, acepción del análisis de las fuerzas inducidas por movimientos sísmicos en los cuales se trabajará directamente los paneles, como se mencionó en 4.1.3.1.

### 4.2.1. Carga muerta

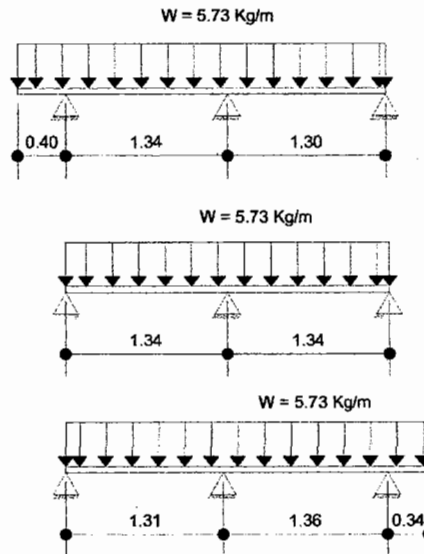
La figura 21 muestra el diagrama de cuerpo libre de un tendal, puesto que todos son iguales únicamente se analizará el mostrado El primer apoyo interno corresponde al eje "1" y el último apoyo al "4".

Figura 21 Diagrama de cuerpo libre, tendal típico, carga muerta



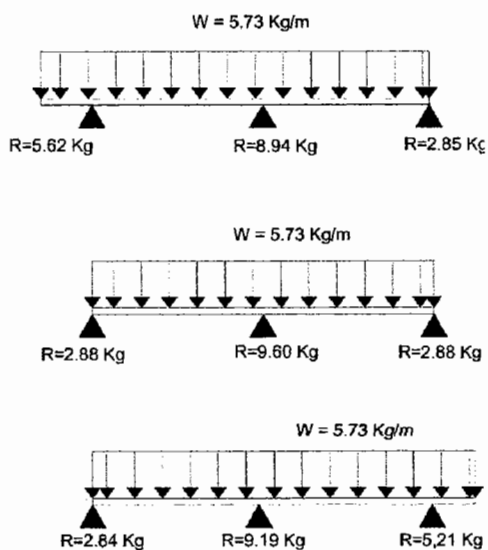
Y para facilidad de construcción se instala en tres tramos, por lo que el diagrama de cuerpo libre para realizar el análisis es como se muestra en la figura 22.

**Figura 22 Diagrama de cuerpo libre, para análisis estructural, carga muerta**



Al utilizar un programa para el cálculo de vigas, los resultados del análisis de las partes del tendal anterior se muestran en la figura 23.

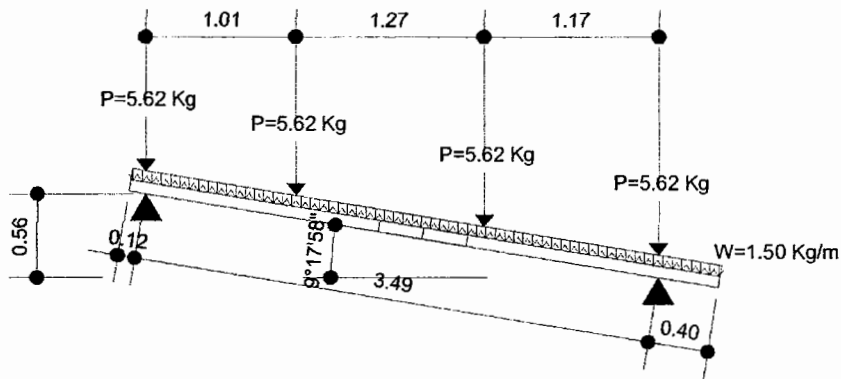
**Figura 23 Resultado de análisis del tendal típico, carga muerta**





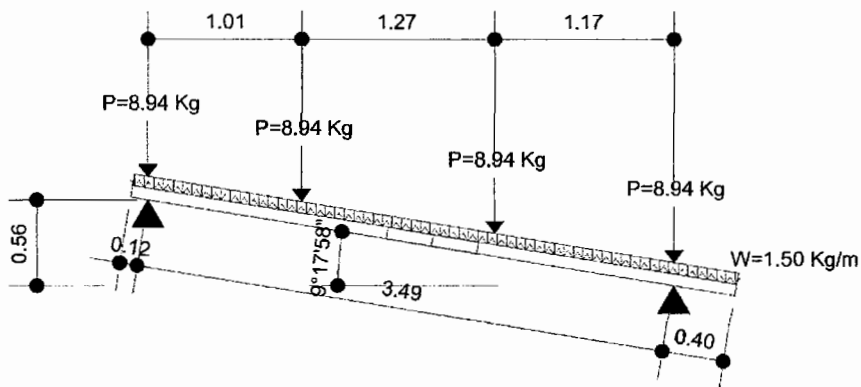
Para las vigas, cada una tiene una acción distinta por parte de los tendales, la mostrada a continuación corresponde al eje "1" entre los ejes "B" y "C", en la figura 24.

**Figura 24 Diagrama de cuerpo libre, eje "1" entre "B" y "C", carga muerta**



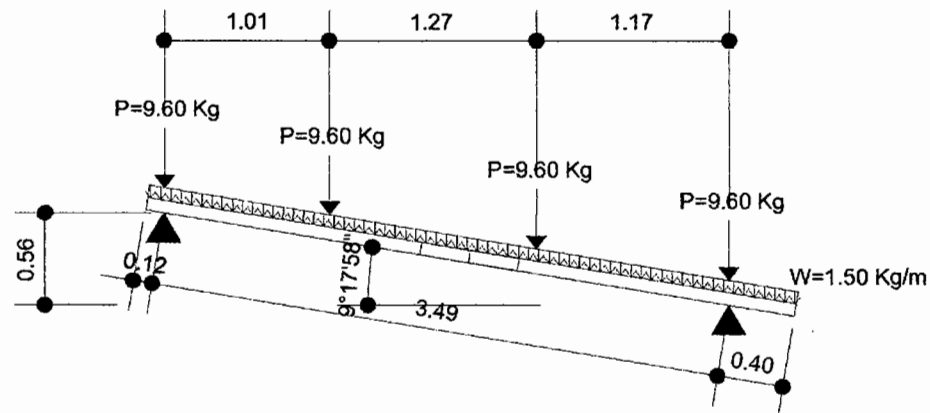
La figura 25 muestra el diagrama de cuerpo libre de la viga que se encuentra entre los ejes "1" y "2" para las dos vigas que se encuentran en esta ubicación.

**Figura 25 Diagrama de cuerpo libre, entre ejes "1" y "2", carga muerta**



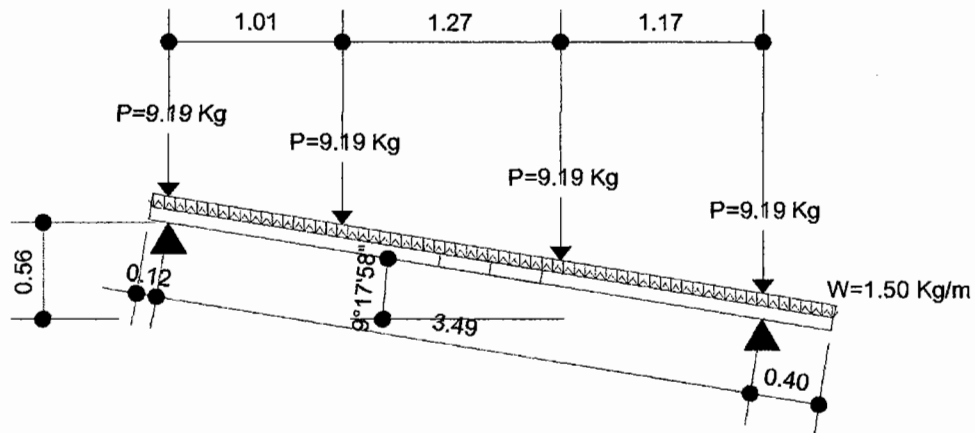
La figura 26 muestra el diagrama de cuerpo libre de la viga que se encuentra entre los ejes "2" y "3" para las dos vigas que se encuentran en esta ubicación.

**Figura 26 Diagrama de cuerpo libre, entre ejes "2" y "3", carga muerta**



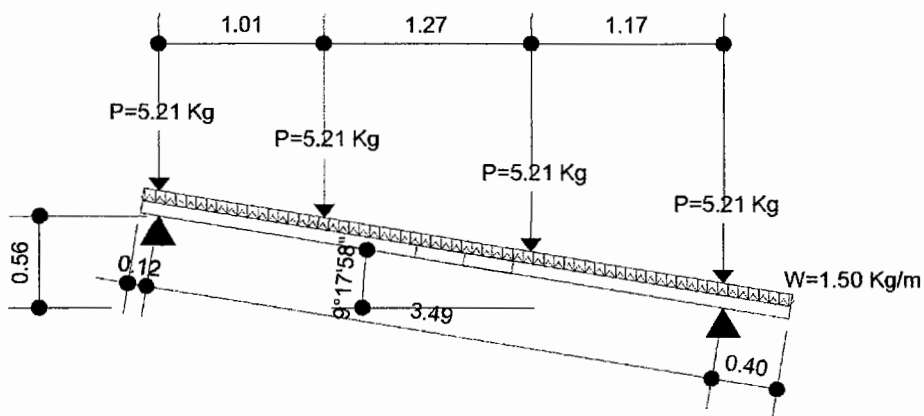
La figura 27 presenta el diagrama de cuerpo libre de la viga que se encuentra entre los ejes "3" y "4" para las dos vigas que se encuentran en esta ubicación.

**Figura 27 Diagrama de cuerpo libre, entre ejes "3" y "4", carga muerta**



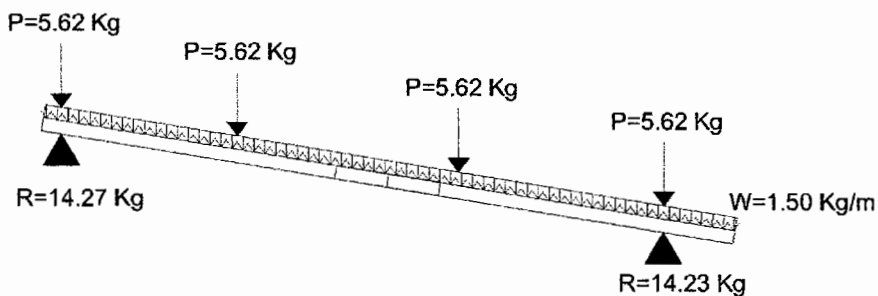
Para las vigas, cada una tiene una acción distinta por parte de los tendales, la mostrada a continuación corresponde al eje "4" entre los ejes "B" y "A", en la figura 28.

**Figura 28 Diagrama de cuerpo libre, eje "4" entre "B" y "A", carga muerta**



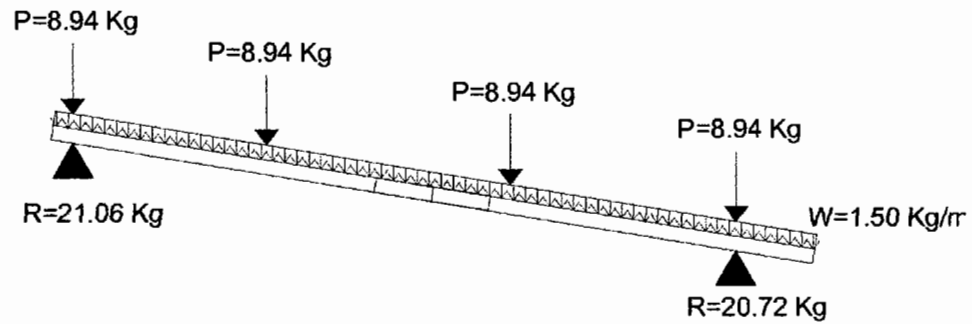
El resultado del análisis de la viga ubicada sobre el eje "1" y entre "B" y "C", de la figura 24, se muestra en la figura 29.

**Figura 29 Resultado de análisis, eje "1" entre "B" y "C", carga muerta**



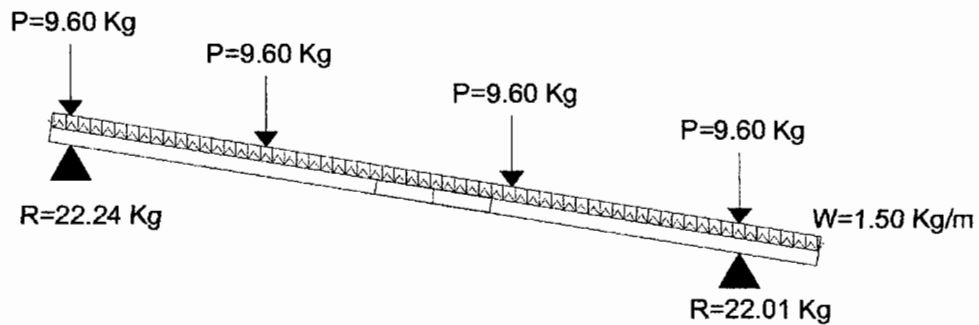
El resultado del análisis de la viga ubicada entre "1" y "2", de la figura 25, se presenta en la figura 30.

**Figura 30 Resultado de análisis, entre ejes "1" y "2", carga muerta**



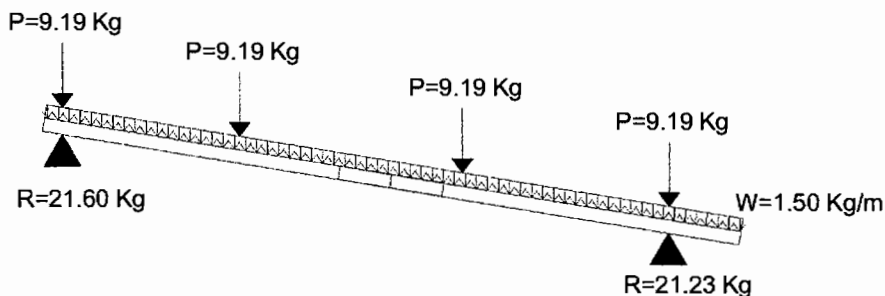
El resultado del análisis de la viga ubicada entre "2" y "3", de la figura 26, se muestra en la figura 31.

**Figura 31 Resultado de análisis, entre ejes "2" y "3", carga muerta**



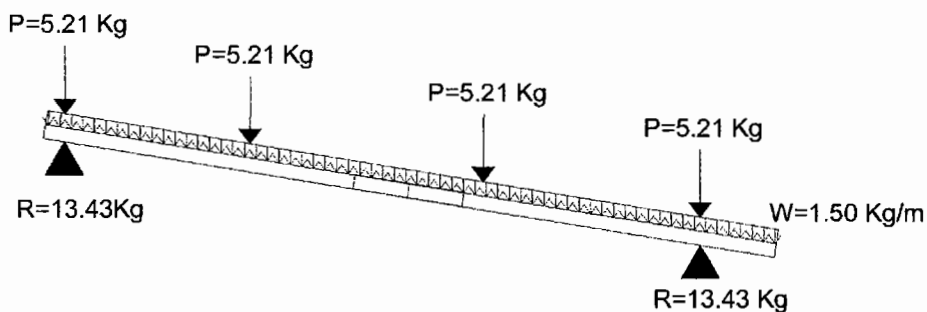
El resultado del análisis de la viga ubicada entre "3" y "4", de la figura 27, se presenta en la figura 32.

**Figura 32 Resultado de análisis, entre ejes "3" y "4", carga muerta**



El resultado del análisis de la viga ubicada sobre el eje "4" y entre "B" y "A", de la figura 28, se muestra en la figura 33.

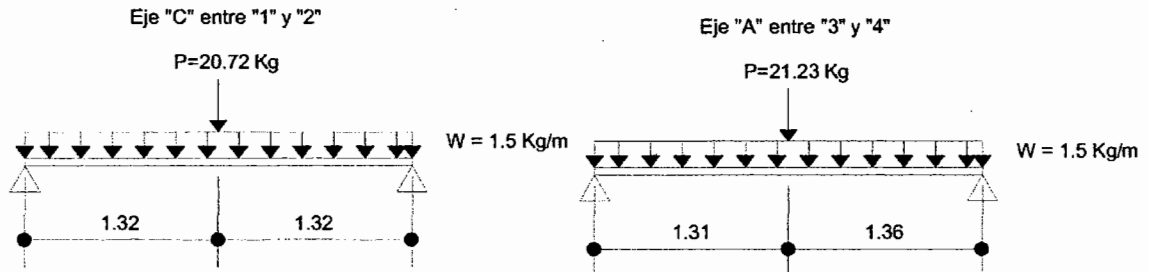
**Figura 33 Resultado de análisis, eje "4" entre "B" y "A", carga muerta**



Las vigas que se encuentran sobre los ejes están apoyadas directamente sobre los paneles. El peso de las vigas y toda la carga transmitida a las vigas se distribuye uniformemente entre los paneles y columnas.

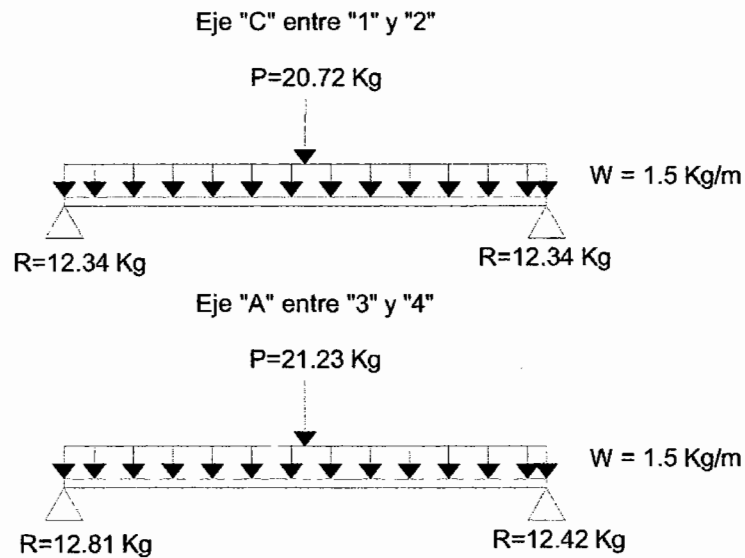
Adicionalmente a estas vigas, se encuentran otras ubicadas sobre el "C" entre "1" y "2", y sobre el eje "A" entre "3" y "4", como se muestra en la figura 34.

**Figura 34 Diagrama de cuerpo libre, eje "C" entre "1" y "2",  
y eje "A" entre "3" y "4", carga muerta**



El resultado de las vigas mostradas en la figura 34 se presenta en la figura 35.

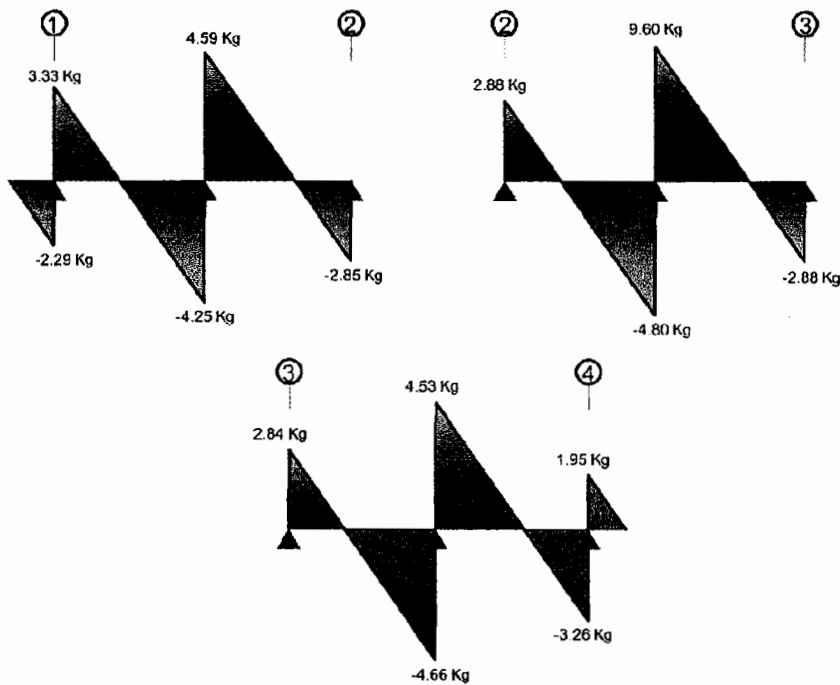
**Figura 35 Resultado de análisis, eje "C" entre "1" y "2",  
y eje "A" entre "3" y "4", carga muerta**



### 4.2.1.1. Corte

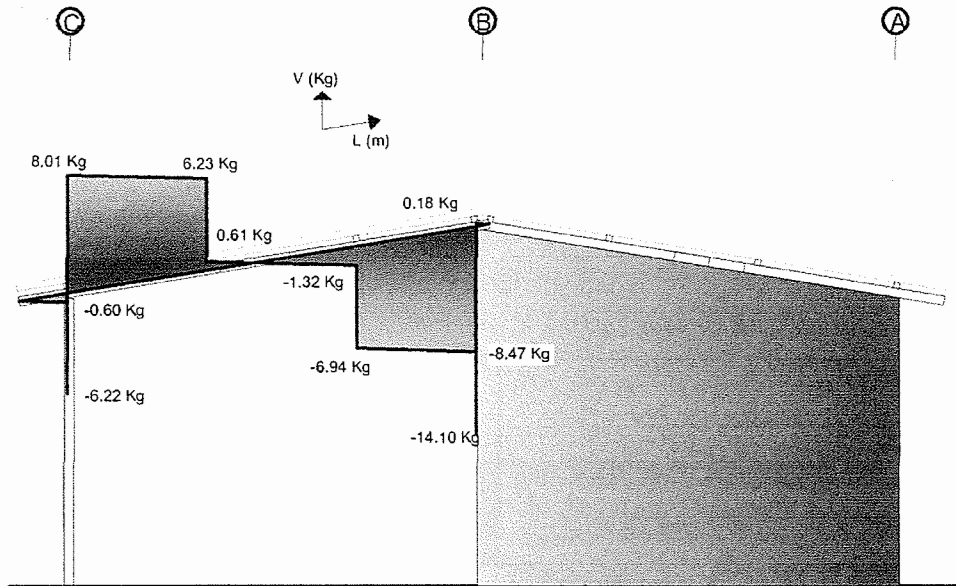
La figura 36 muestra el diagrama de corte de los tendales mostrados en las figuras 21 y 22; el eje vertical esta expresado en kg.

**Figura 36 Diagrama de corte de tendales, carga muerta**



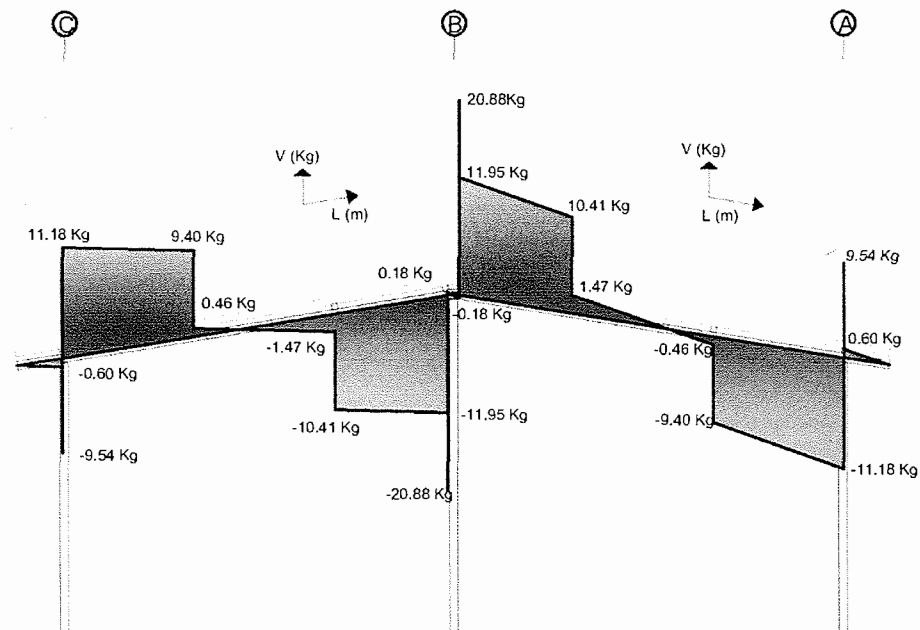
La figura 37 presenta el diagrama de corte de la viga ubicada en el eje "1", mostrada en la figura 24.

**Figura 37 Diagrama de corte de viga eje "1", carga muerta**



La figura 38 indica el diagrama de corte de la viga ubicada entre los ejes "1" y "2", como se indicó en la figura 25.

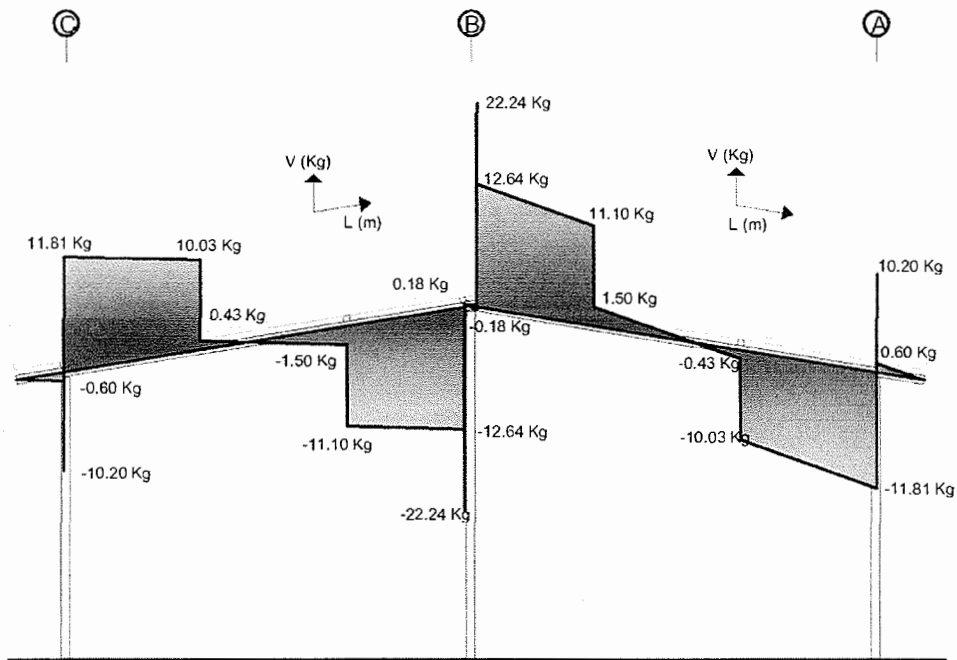
**Figura 38 Diagrama de corte de viga ejes "1" y "2", carga muerta**





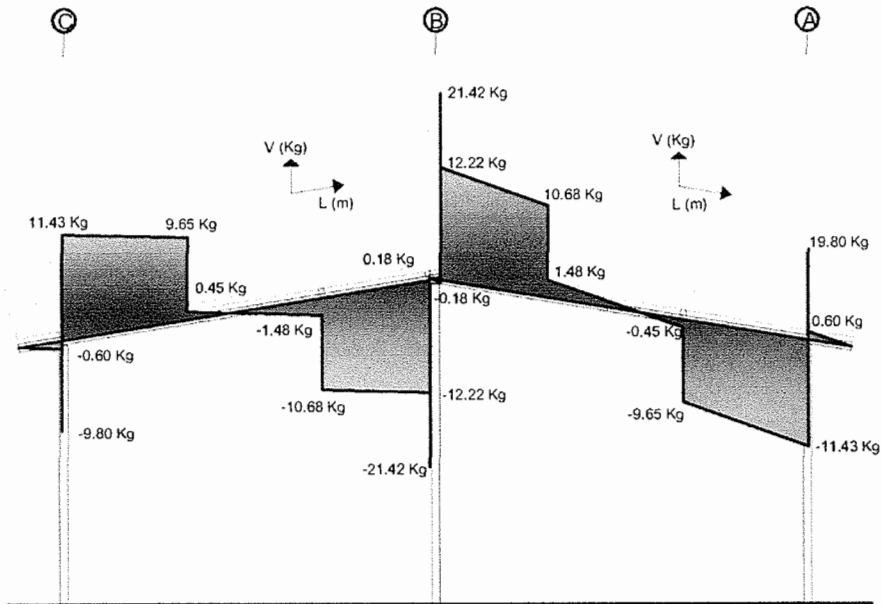
La figura 39 señala el diagrama de corte de la viga ubicada entre los ejes "2" y "3", mostrada en la figura 26.

**Figura 39 Diagrama de corte de viga ejes "2" y "3", carga muerta**



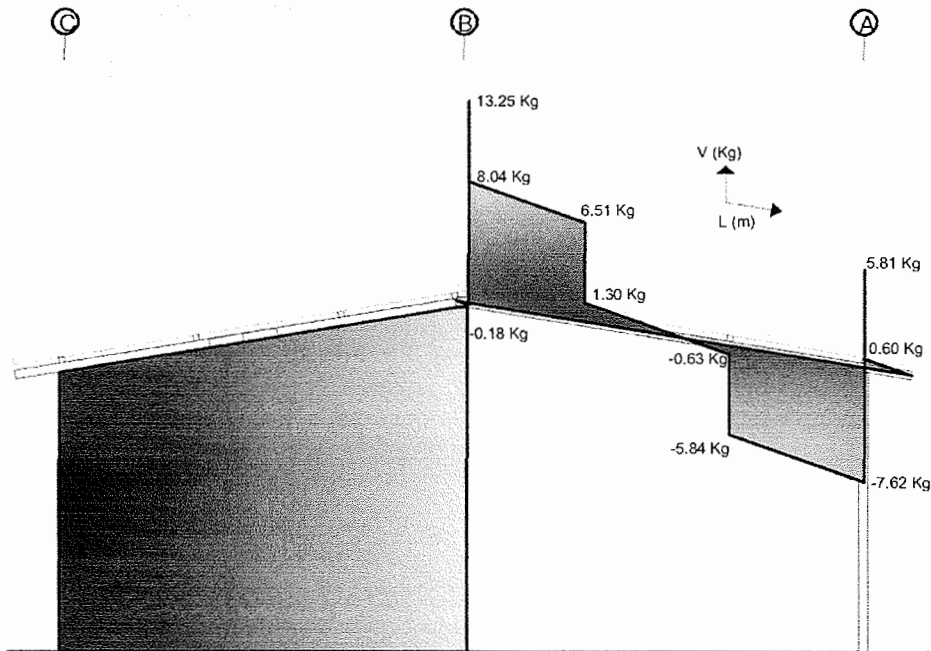
La figura 40 muestra el diagrama de corte de la viga ubicada entre los ejes "3" y "4", indicada en la figura 27.

**Figura 40 Diagrama de corte de viga ejes "3" y "4", carga muerta**



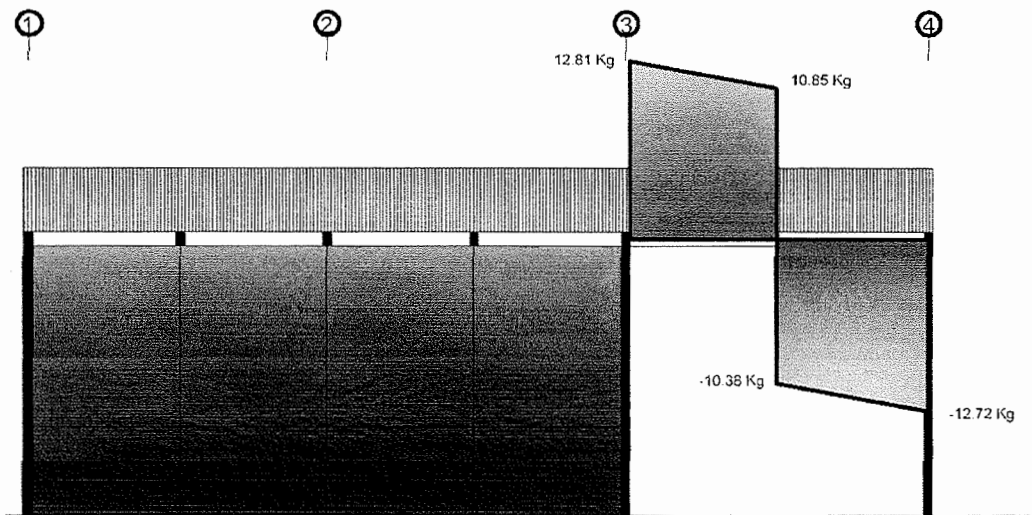
La figura 41 presenta el diagrama de corte de la viga ubicada en el eje "4", indicada en la figura 28.

**Figura 41 Diagrama de corte de viga eje "4", carga muerta**



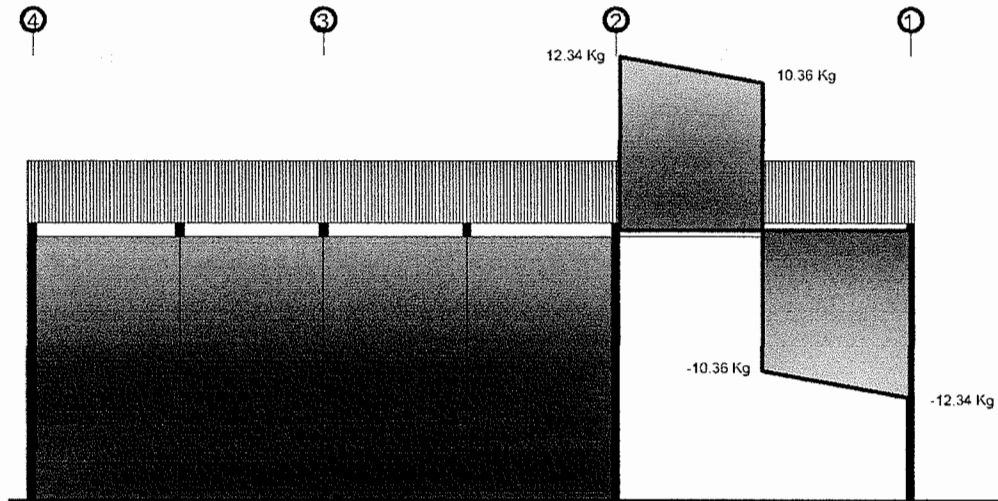
La figura 42 muestra el diagrama de corte "A" de una de las vigas indicadas en la figura 35.

**Figura 42 Diagrama de corte de viga eje "A", carga muerta**



La figura 43 presenta el diagrama de corte de una de las vigas indicadas en la figura 35.

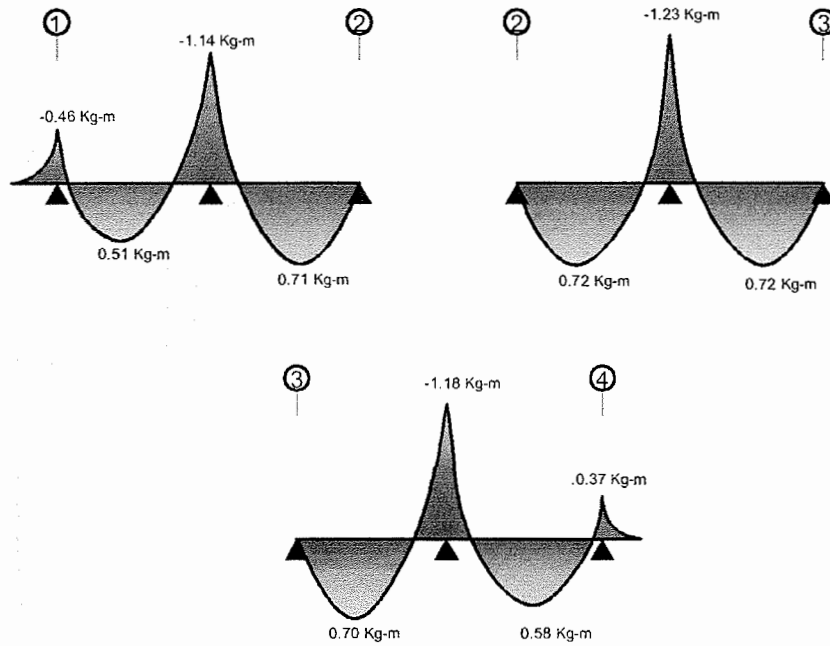
**Figura 43 Diagrama de corte de viga eje "C", carga muerta**



#### 4.2.1.2. Momento

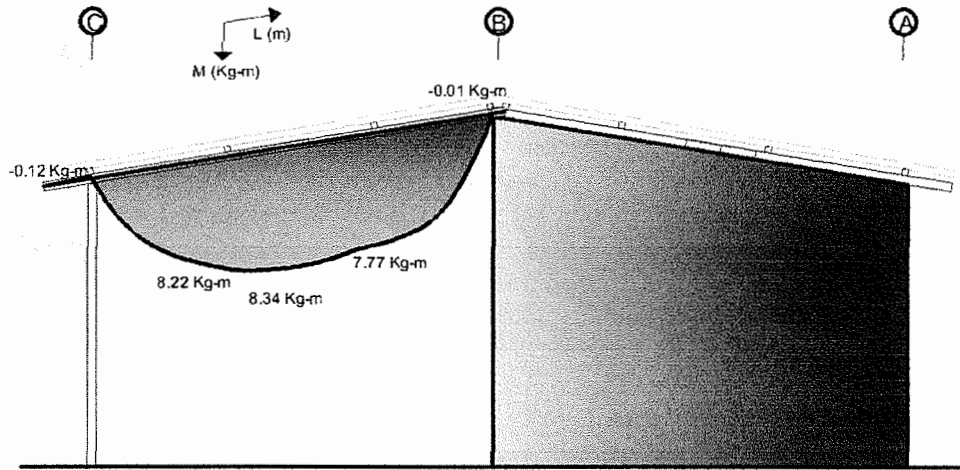
La figura 44 indica el diagrama de momento de los tendales mostrados en las figuras 21 y 22; el eje vertical posee dimensionales Kg-m.

**Figura 44 Diagrama de momento de tendales, carga muerta**



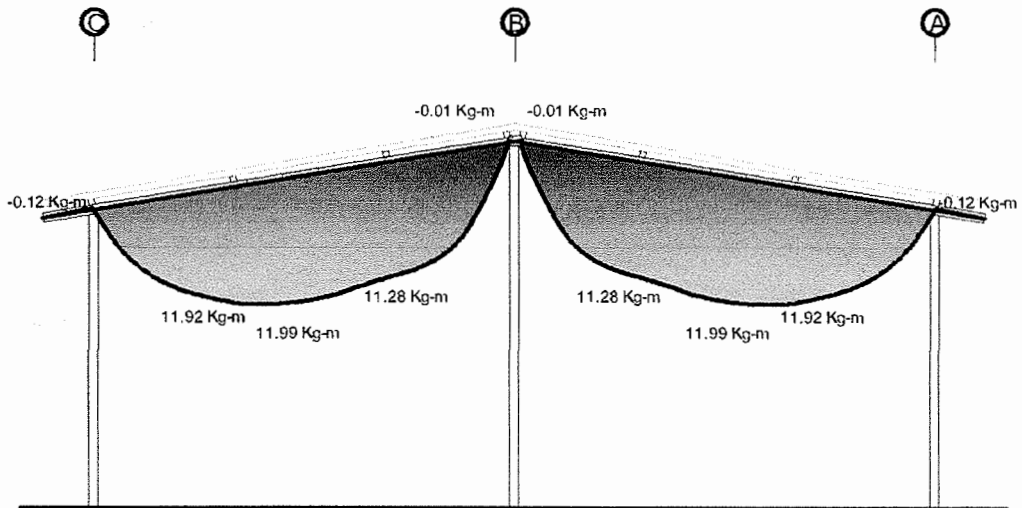
La figura 45 señala el diagrama de momento de la viga ubicada en el eje "1", mostrada en la figura 24.

**Figura 45 Diagrama de momento de viga eje "1", carga muerta**



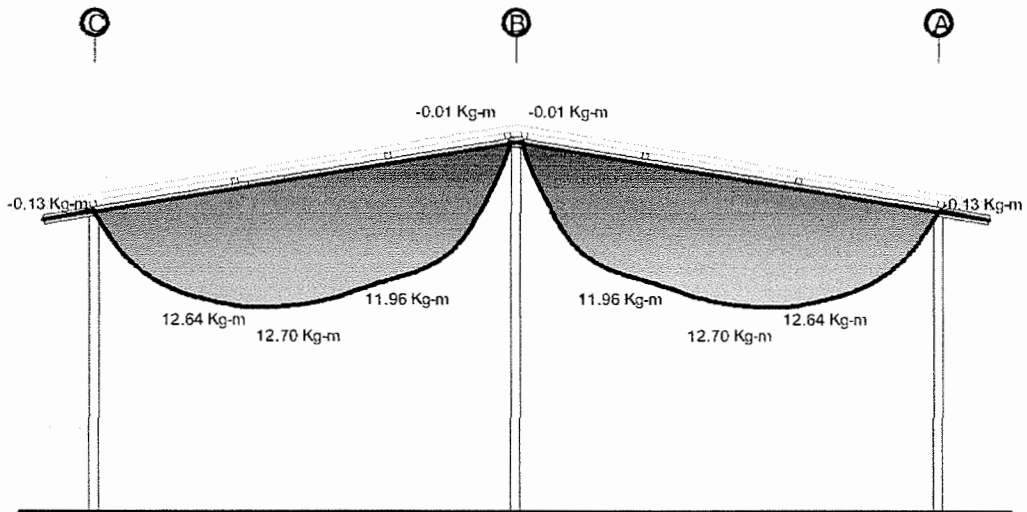
La figura 46 señala el diagrama de momento de la viga ubicada entre los ejes "1" y "2", como se mostró en la figura 25.

**Figura 46 Diagrama de momento de viga ejes "1" y "2", carga muerta**



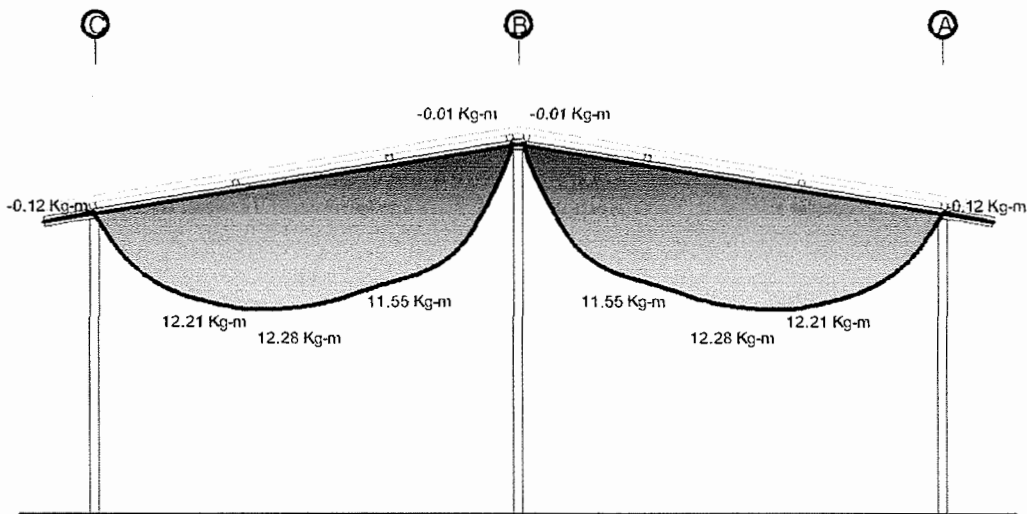
La figura 47 señala el diagrama de momento de la viga ubicada entre los ejes "2" y "3", como se mostró en la figura 27.

**Figura 47 Diagrama de momento de viga ejes "2" y "3", carga muerta**



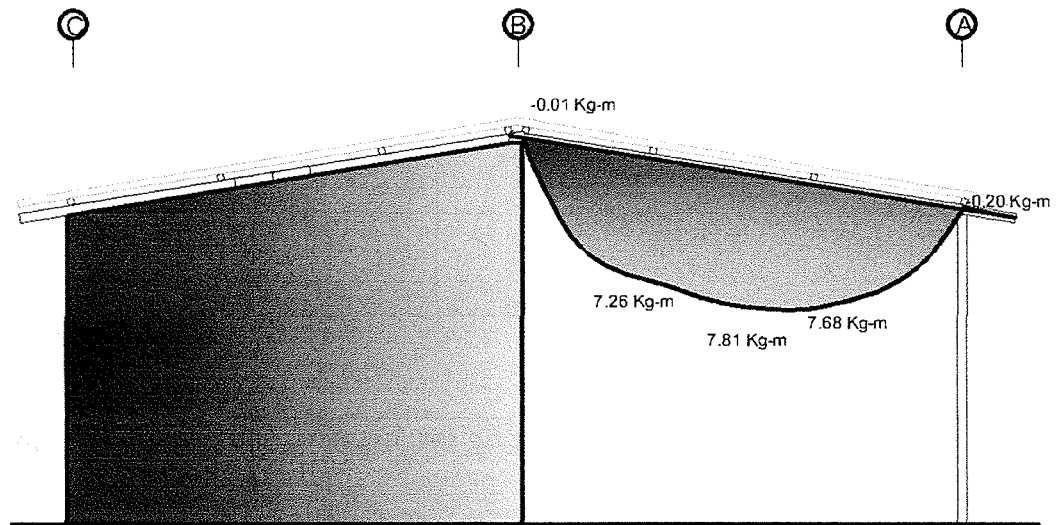
La figura 48 presenta el diagrama de momento de la viga ubicada entre los ejes "3" y "4", como se mostró en la figura 28.

**Figura 48 Diagrama de momento de viga ejes "3" y "4", carga muerta**



La figura 49 señala el diagrama de momento de la viga ubicada en el eje "4", como se presentó en la figura 27.

**Figura 49 Diagrama de momento de viga eje "4", carga muerta**

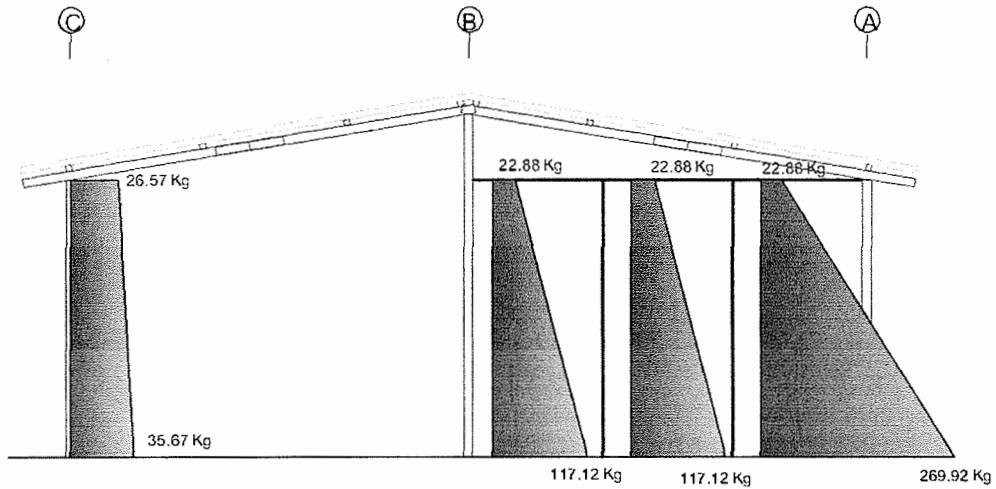


#### 4.2.1.3. Carga vertical

La figura 50 indica la aplicación de las cargas verticales en el eje "1" por la acción de las cargas muertas.

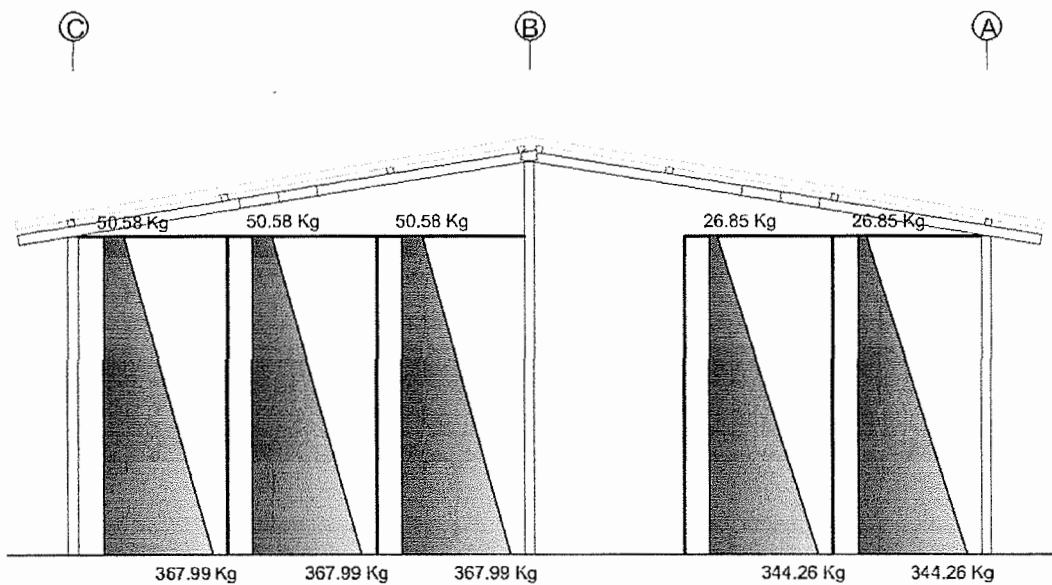


**Figura 50 Diagrama de fuerzas verticales en eje "1", carga muerta**



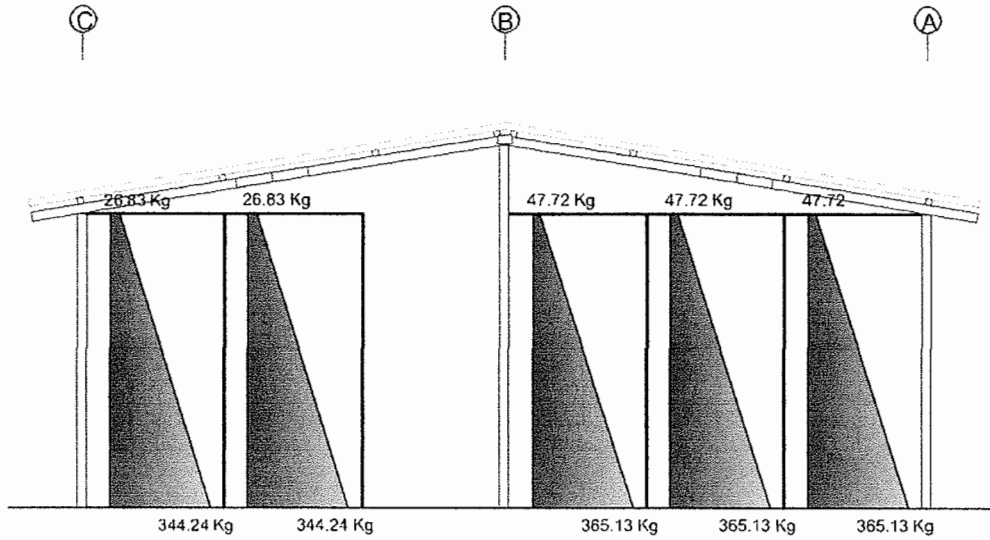
La figura 51 muestra la aplicación de las cargas verticales en el eje "2" por la acción de las cargas muertas.

**Figura 51 Diagrama de fuerzas verticales en eje "2", carga muerta**



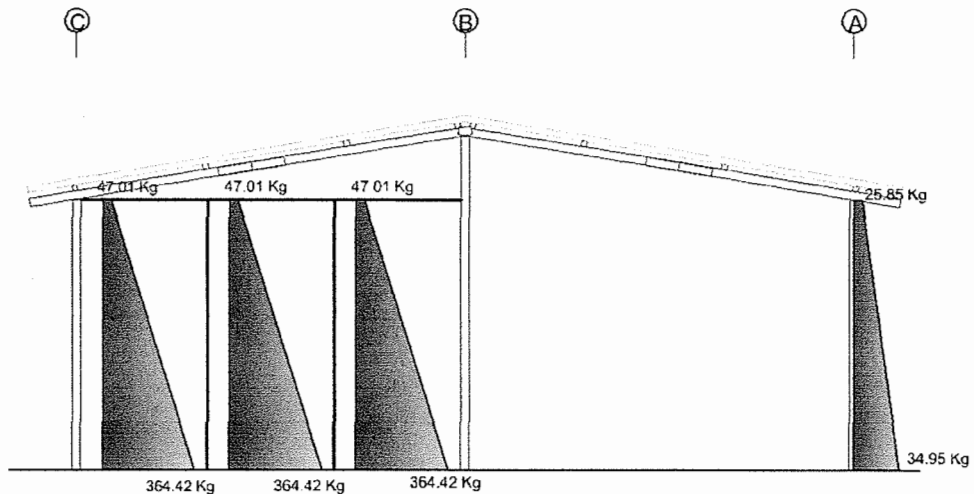
La figura 52 presenta la aplicación de las cargas verticales en el eje "3" por la acción de las cargas muertas.

**Figura 52 Diagrama de fuerzas verticales en eje "3", carga muerta**



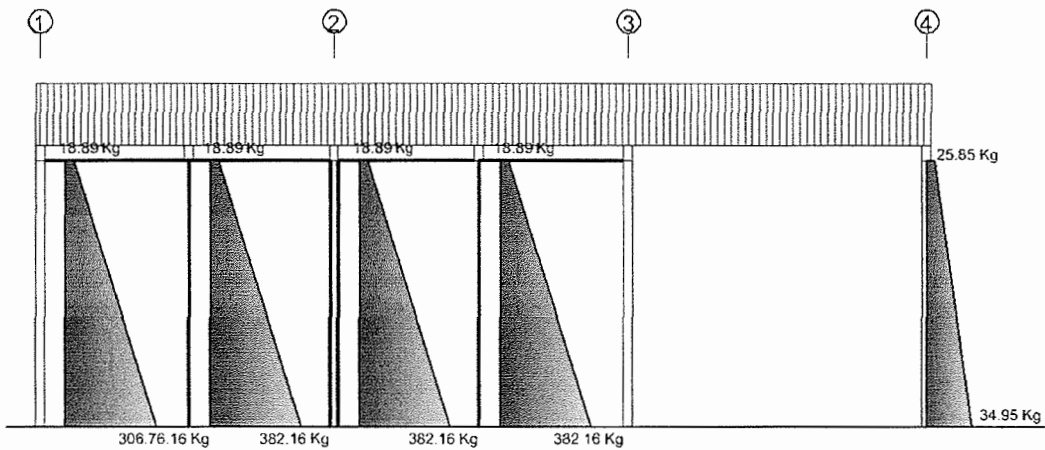
La figura 53 indica la aplicación de las cargas verticales en el eje "4" por la acción de las cargas muertas.

**Figura 53 Diagrama de fuerzas verticales en eje "4", carga muerta**



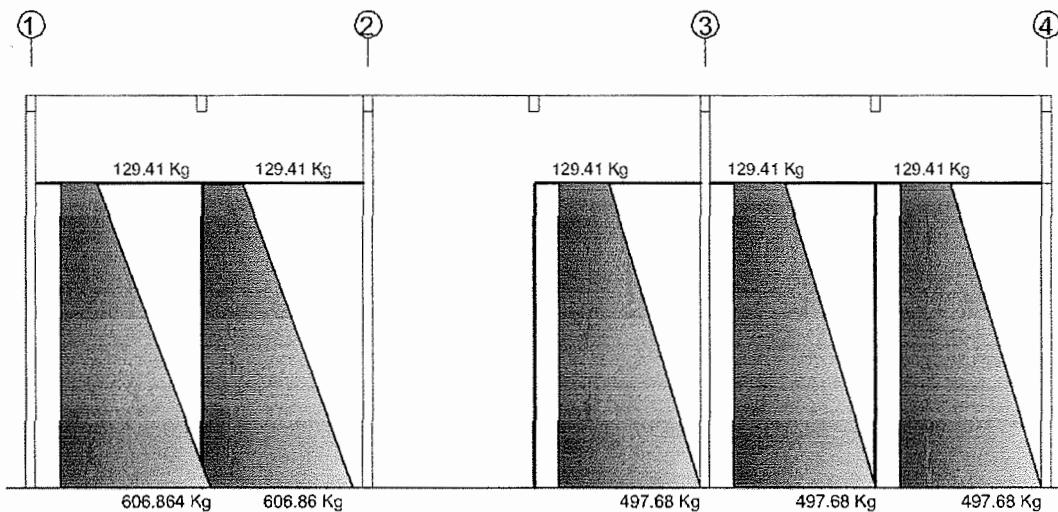
La figura 54 señala la aplicación de las cargas verticales en el eje "A" por la acción de las cargas muertas.

**Figura 54 Diagrama de fuerzas verticales en eje "A", carga muerta**



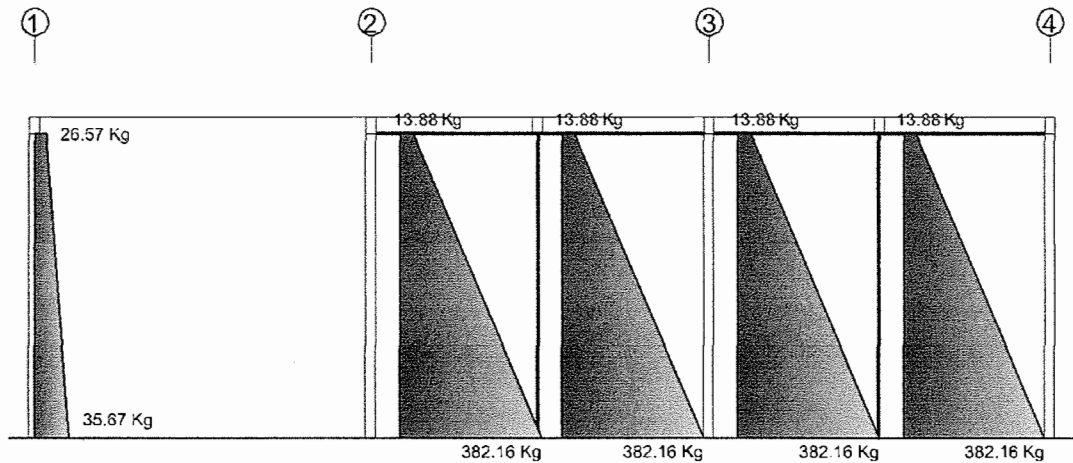
La figura 55 presenta la aplicación de las cargas verticales en el eje "B" por la acción de las cargas muertas.

**Figura 55 Diagrama de fuerzas verticales en eje "B", carga muerta**



La figura 56 muestra la aplicación de las cargas verticales en el eje "A" por la acción de las cargas muertas.

**Figura 56 Diagrama de fuerzas verticales en eje "A", carga muerta**



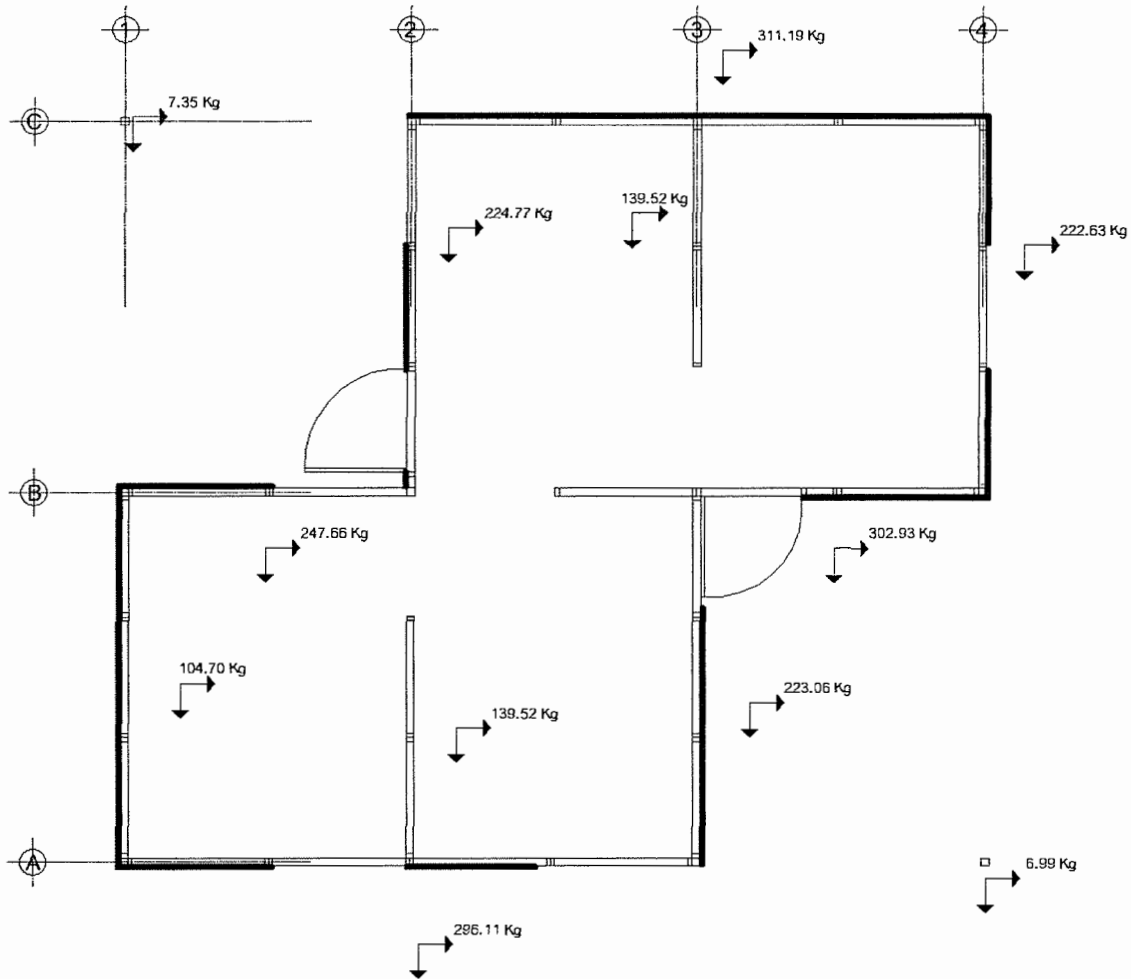
#### 4.2.2. Carga viva

La carga viva, como se mencionó en 4.1.2.1, no afecta a ningún elemento estructural del modelo de albergue, por lo que su efecto es nulo tanto para corte, momento y deflexión de cualquier elemento.

#### 4.2.3. Carga sísmica

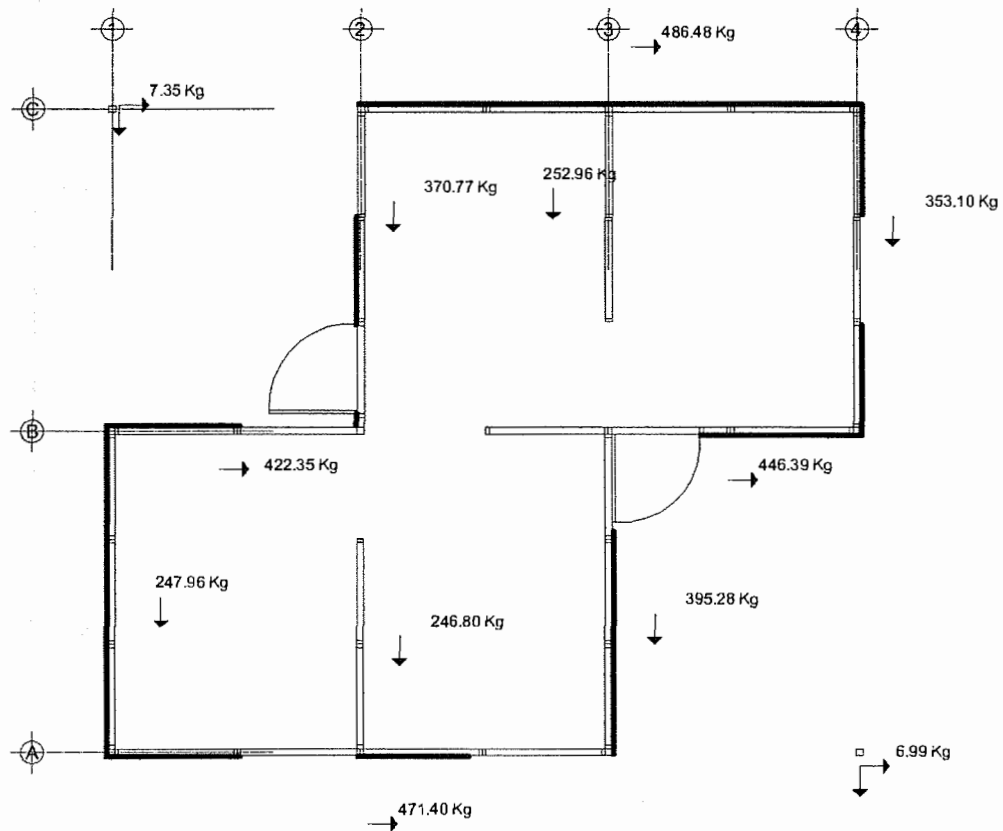
La figura 57 presenta la distribución del corte basal de cada muro para ambos sentidos, tal como se mencionó en la sección 4.1.3.1.

**Figura 57 Distribución de corte basal en muros**



Para realizar el análisis se debe distribuir el corte perpendicular al eje del muro a los otros muros, por medio del método de área tributaria, como se presenta en la figura 58.

**Figura 58 Distribución de corte basal, para análisis**

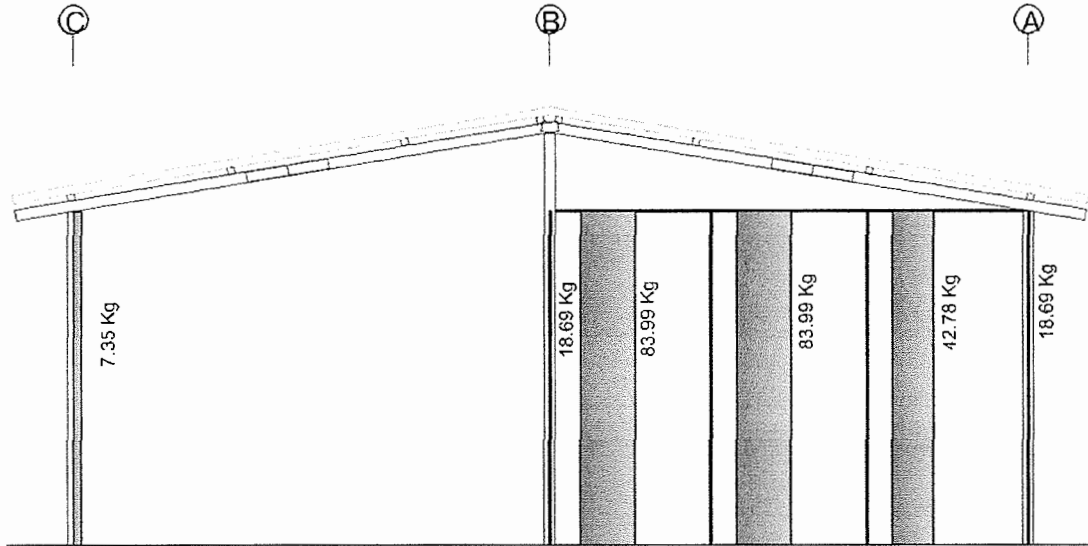


Para la realización de este análisis se utilizó el método de compatibilidad de deformaciones, es decir, que los segmentos de muro se deben desplazar horizontalmente la misma distancia, lo que permite conocer la cantidad del corte basal que resiste por cada elemento en cada eje; los resultados del análisis se pueden apreciar en la sección 4.2.3.1 y 4.2.3.2.

#### **4.2.3.1. Corte**

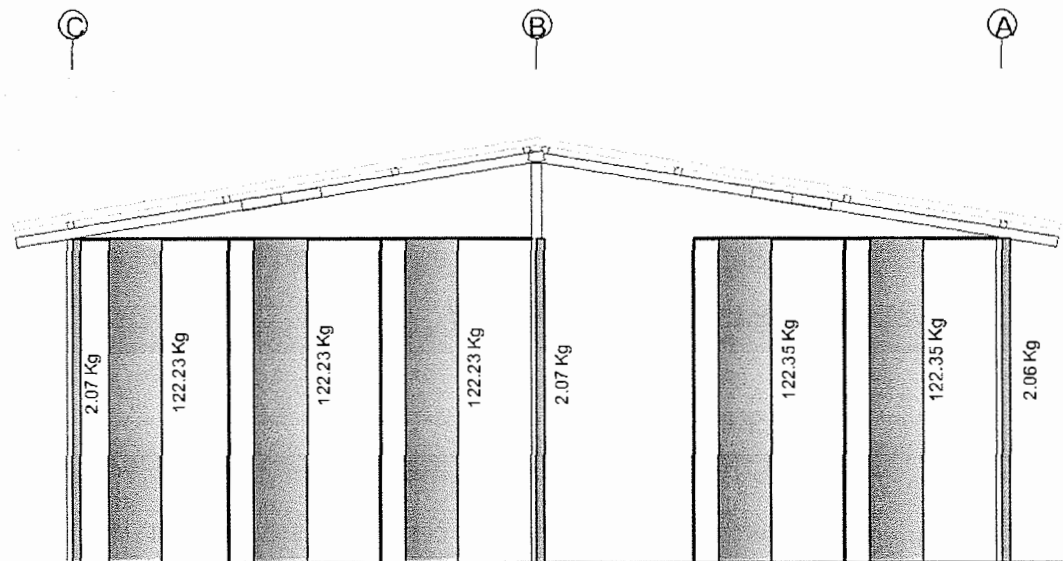
La figura 59 muestra el diagrama de corte del eje "1" por las fuerzas sísmicas.

Figura 59 Diagrama de corte eje "1", carga sísmica



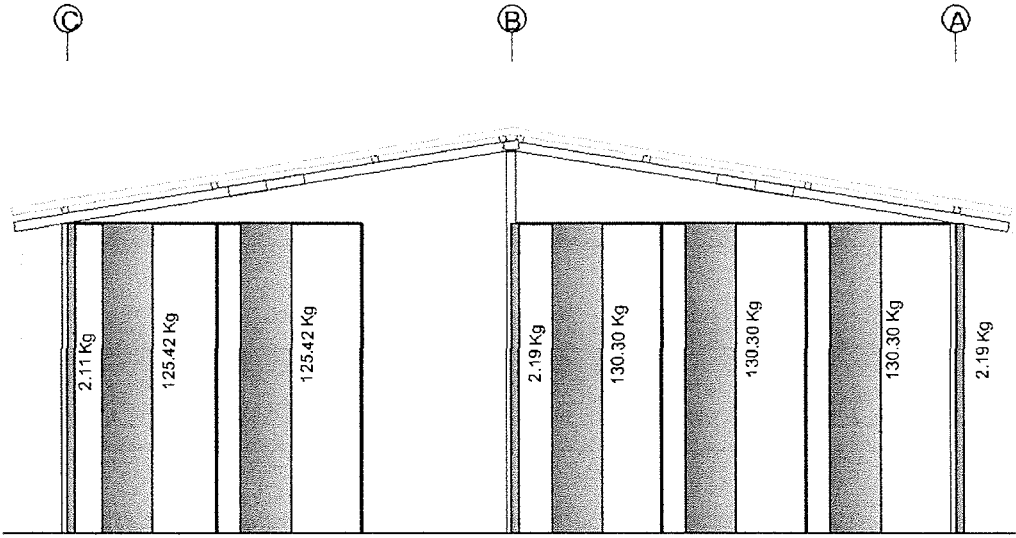
La figura 60 presenta el diagrama de corte del eje "2" por las fuerzas sísmicas.

Figura 60 Diagrama de corte eje "2", carga sísmica



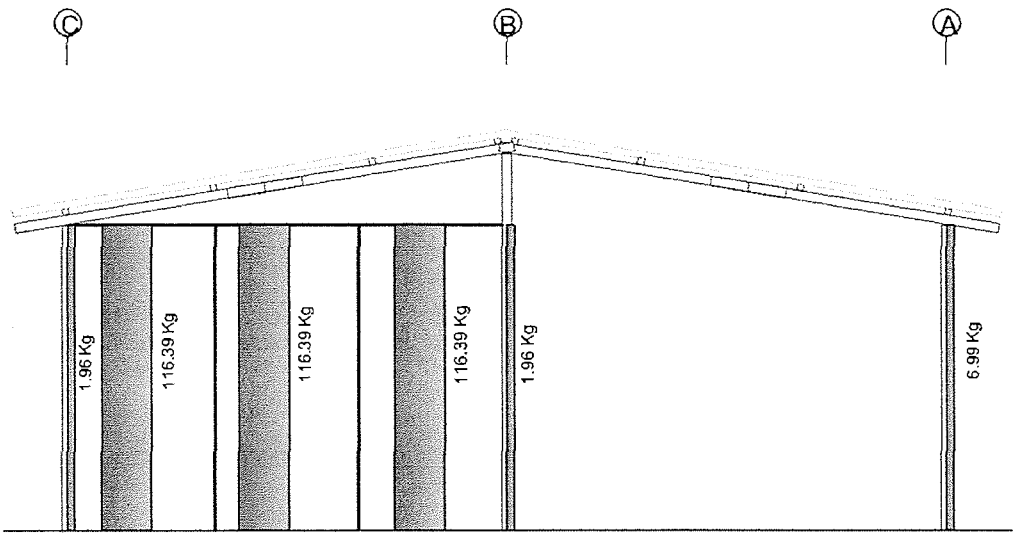
La figura 61 muestra el diagrama de corte del eje "3" por las fuerzas sísmicas.

**Figura 61 Diagrama de corte eje "3", carga sísmica**



La figura 62 presenta el diagrama de corte del eje "4" por las fuerzas sísmicas.

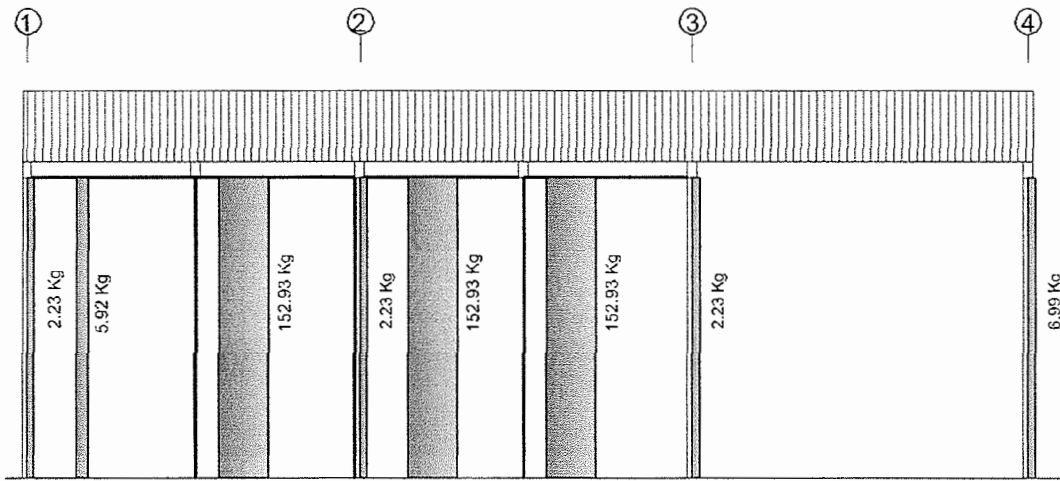
**Figura 62 Diagrama de corte eje "4", carga sísmica**





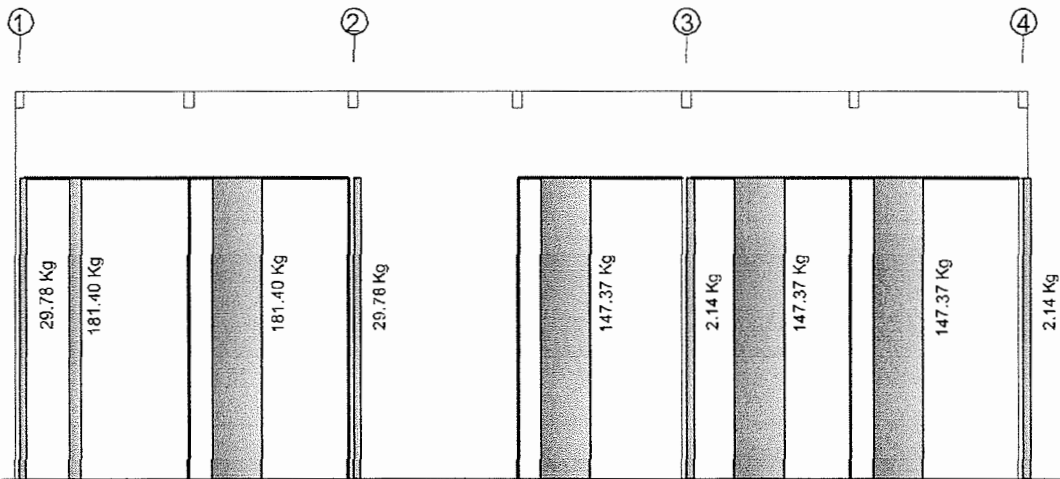
La figura 63 muestra el diagrama de corte del eje "A" por las fuerzas sísmicas.

**Figura 63 Diagrama de corte eje "A", carga sísmica**



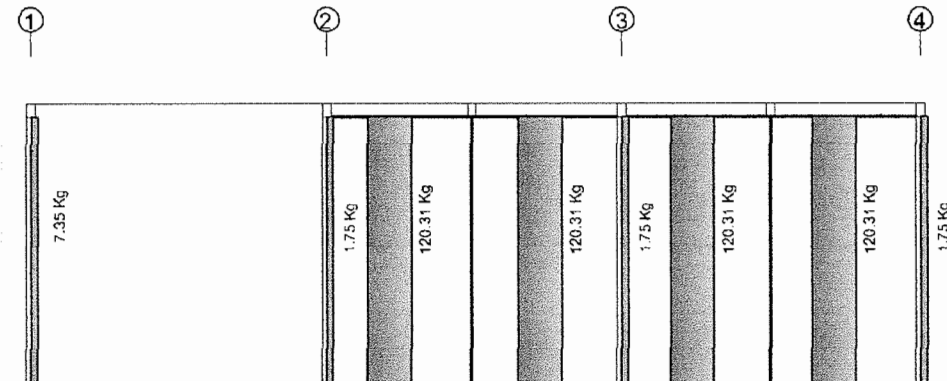
La figura 64 presenta el diagrama de corte del eje "B" por las fuerzas sísmicas.

**Figura 64 Diagrama de corte eje "B", carga sísmica**



La figura 65 muestra el diagrama de corte del eje "C" por las fuerzas sísmicas.

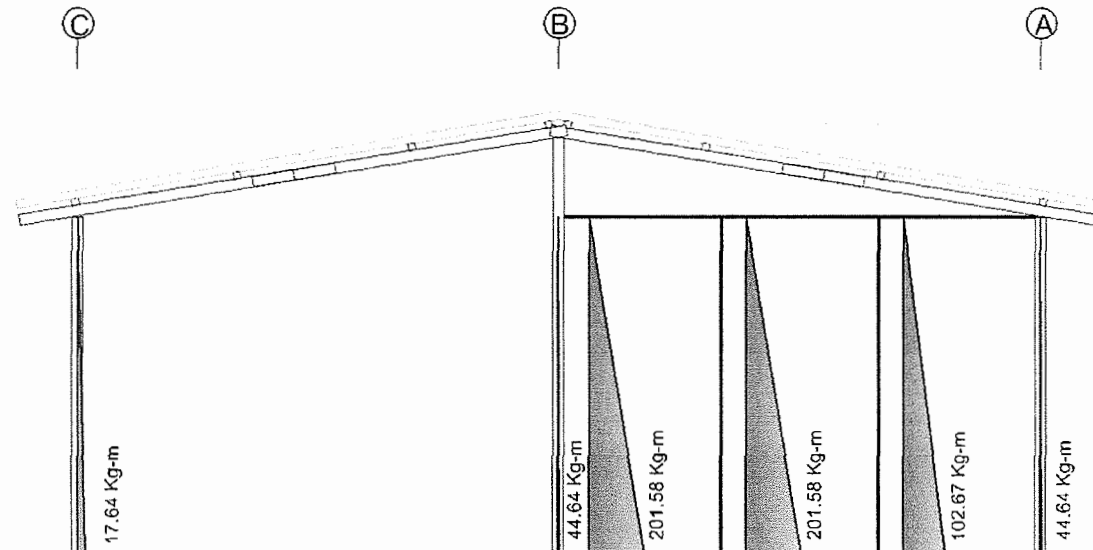
**Figura 65 Diagrama de corte eje "C", carga sísmica**



#### 4.2.3.2. Momento

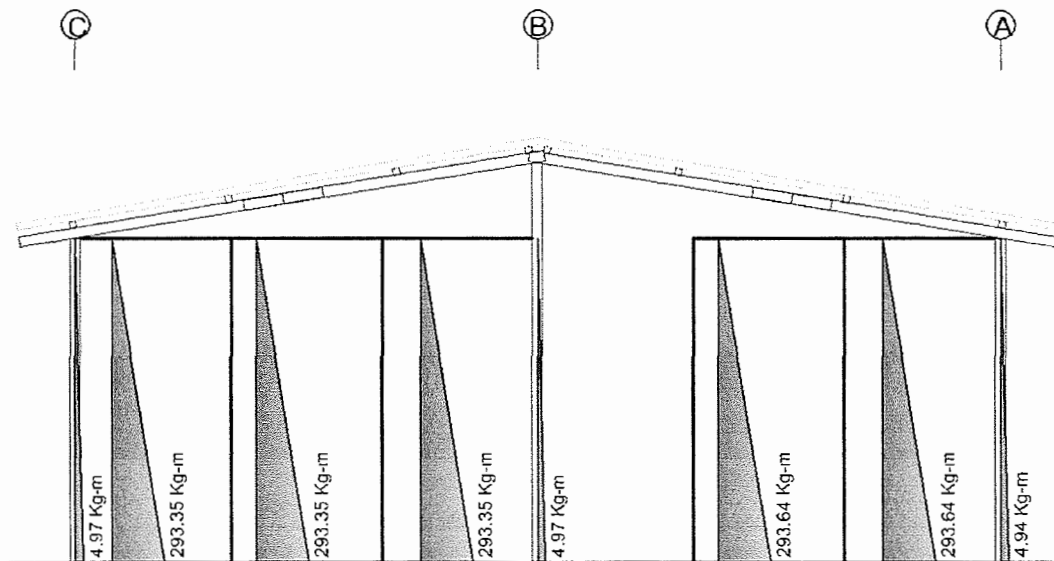
La figura 66 presenta el diagrama de momento del eje "1" por las fuerzas sísmicas.

**Figura 66 Diagrama de momento eje "1", carga sísmica**



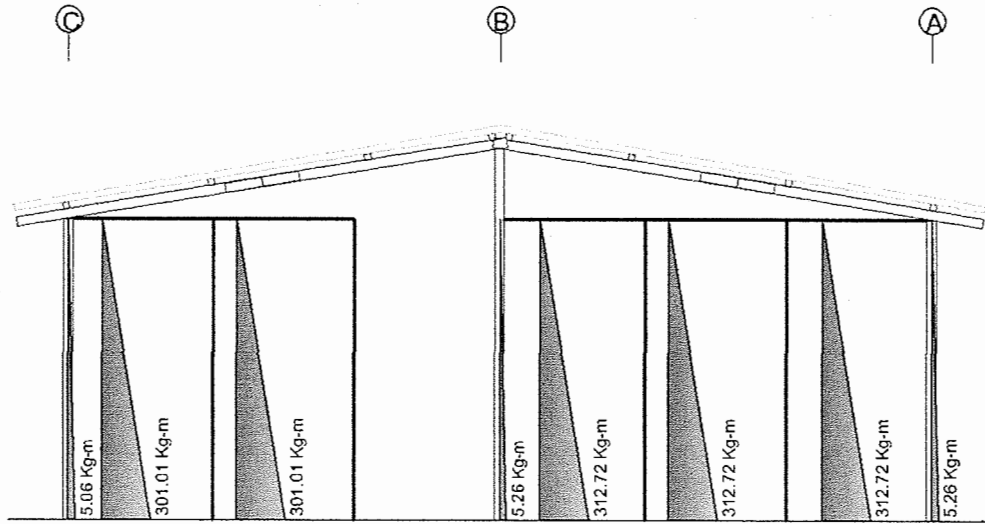
La figura 67 muestra el diagrama de momento del eje "2" por las fuerzas sísmicas.

**Figura 67 Diagrama de momento eje "2", carga sísmica**



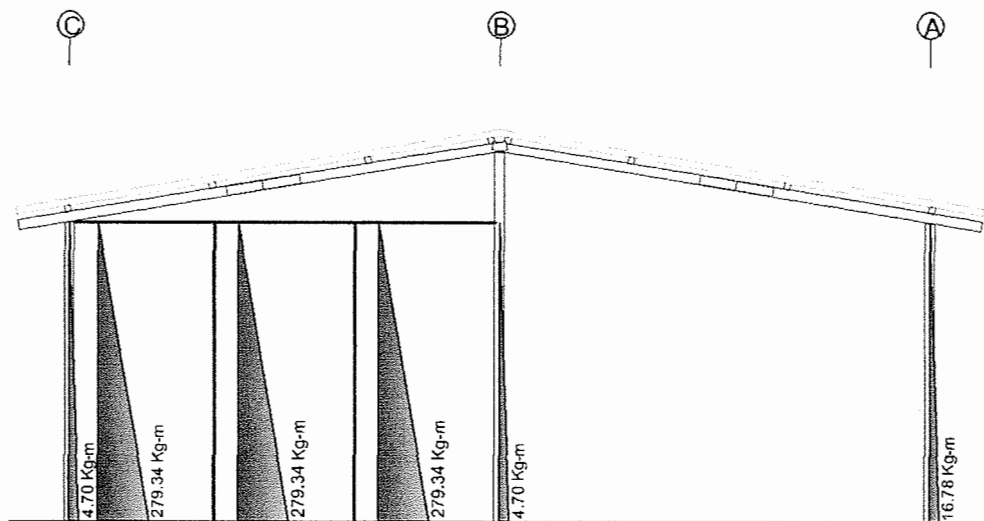
La figura 68 presenta el diagrama de momento del eje "3" por las fuerzas sísmicas.

**Figura 68 Diagrama de momento eje "3", carga sísmica**



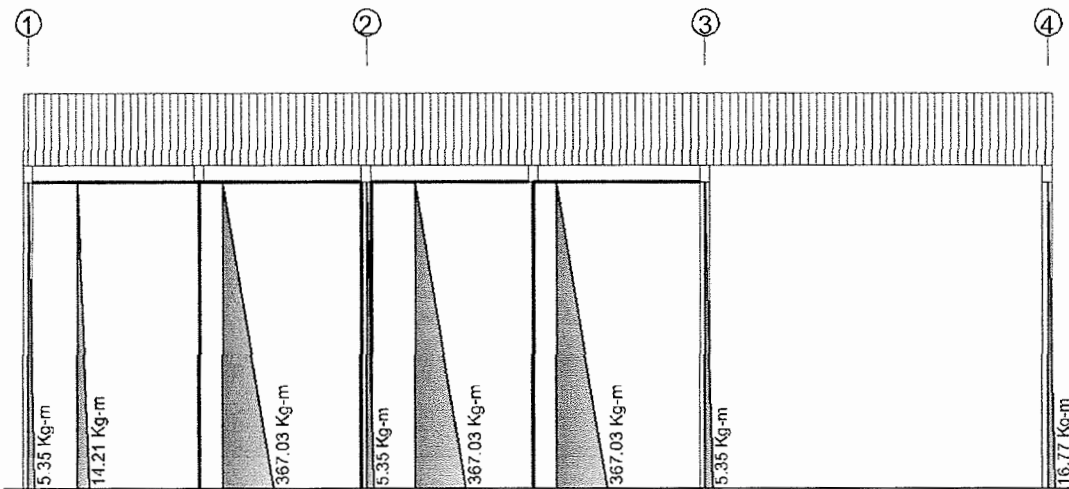
La figura 69 muestra el diagrama de momento del eje "4" por las fuerzas sísmicas.

**Figura 69 Diagrama de momento eje "4", carga sísmica**



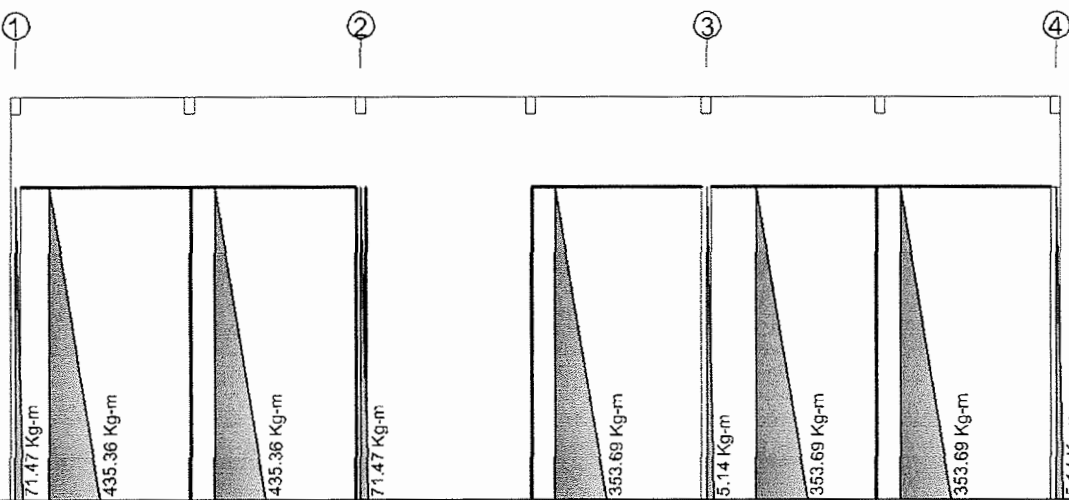
La figura 70 presenta el diagrama de momento del eje "A" por las fuerzas sísmicas.

**Figura 70 Diagrama de momento eje "A", carga sísmica**



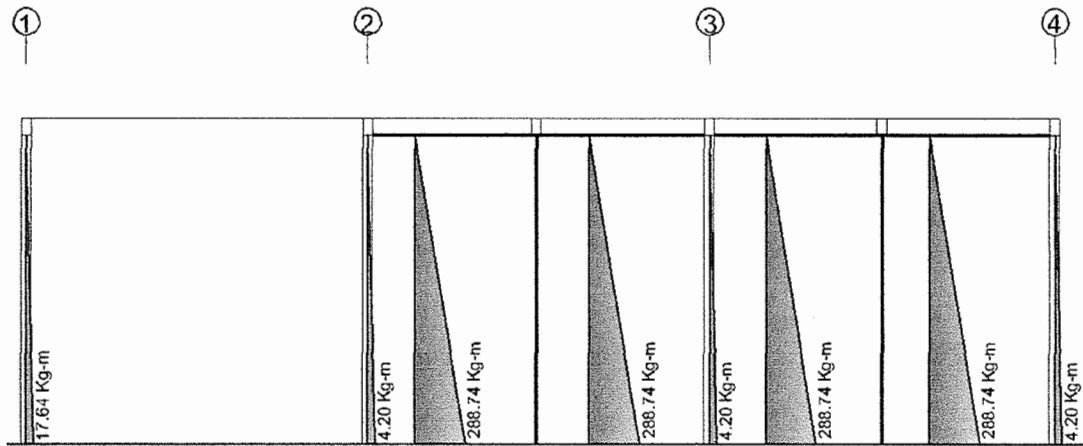
La figura 71 muestra el diagrama de momento del eje "B" por las fuerzas sísmicas.

**Figura 71 Diagrama de momento eje "B", carga sísmica**



La figura 72 presenta el diagrama de momento del eje "C" por las fuerzas sísmicas.

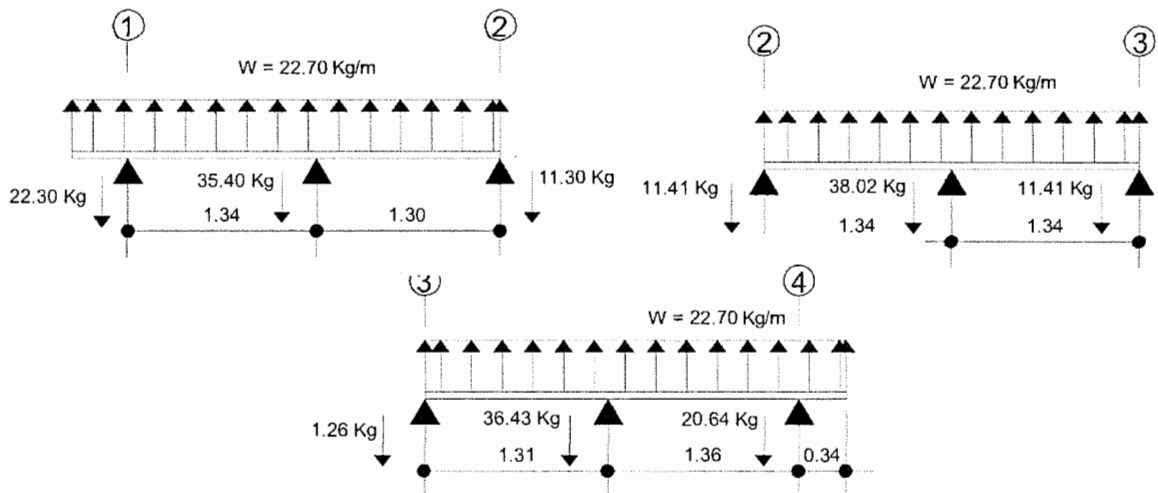
**Figura 72 Diagrama de momento eje "C", carga sísmica**



#### 4.2.4. Carga de viento

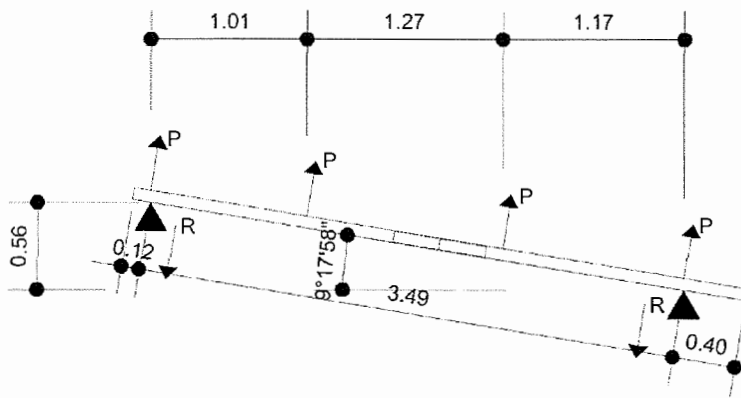
La figura 73 muestra el diagrama de cuerpo libre de los tendales típicos, para viento.

**Figura 73 Diagrama de cuerpo libre de tendales típicos, carga de viento**



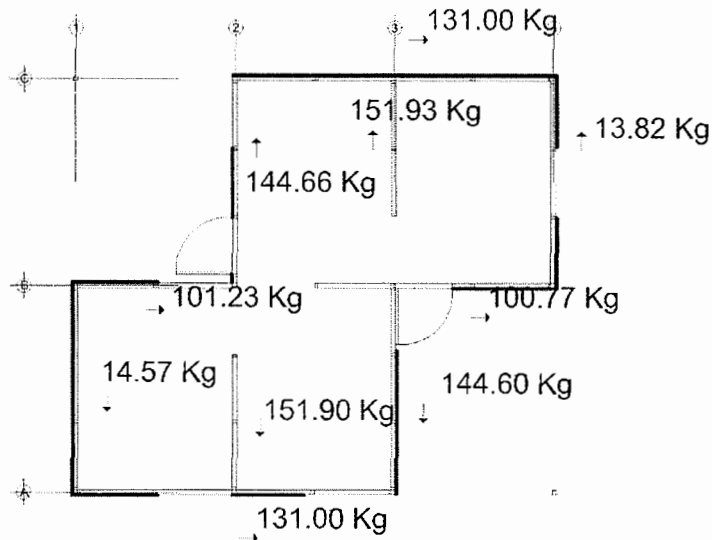
Los diagramas de cuerpo libre de las vigas entre ejes por la acción del viento son similares a los mostrados para el caso de carga muerta, con la excepción que el peso propio y la aplicación de la carga es perpendicular al eje longitudinal de la viga, como se puede observar en la figura 74.

**Figura 74 Diagrama de cuerpo libre de vigas, carga de viento**



La figura 75 presenta la distribución del cortante producido por la acción del viento los distintos muros del modelo de albergue.

**Figura 75 Distribución de cortante en muros, carga de viento**

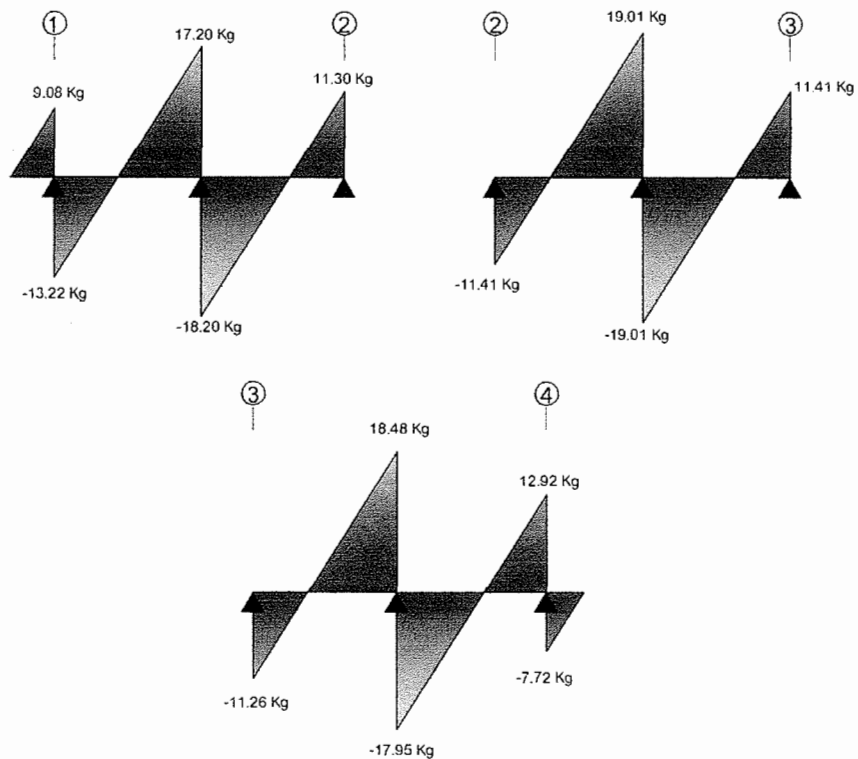


La forma de hacer el análisis de los paneles es similar a la forma explicada para el caso de carga sísmica.

#### 4.2.4.1. Corte

La figura 76 presenta el diagrama de corte por viento en los tendales típicos, mostrados en la figura 73.

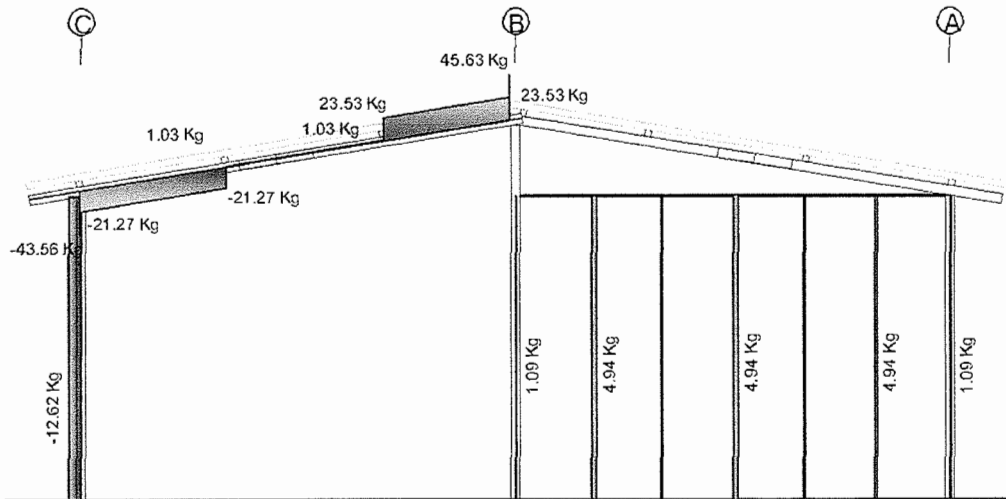
**Figura 76 Diagrama de corte de tendales, carga de viento**



La figura 77 muestra el diagrama de corte del eje "1", para la viga el eje vertical hacia arriba será positivo, para los paneles el eje horizontal hacia la derecha.

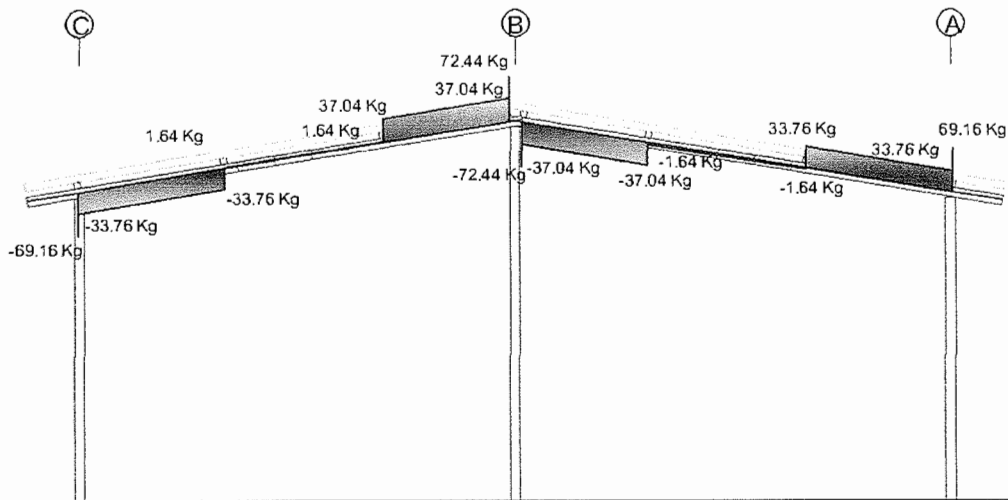


**Figura 77 Diagrama de corte del eje "1", carga de viento**



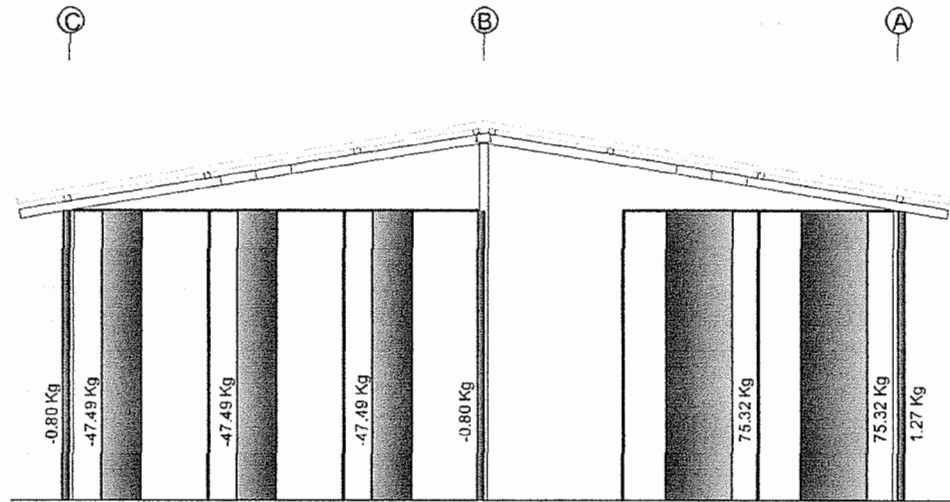
La figura 78 presenta el diagrama de corte por carga de viento, de las vigas ubicadas entre los ejes "1" y "2".

**Figura 78 Diagrama de corte, entre ejes "1" y "2", carga de viento**



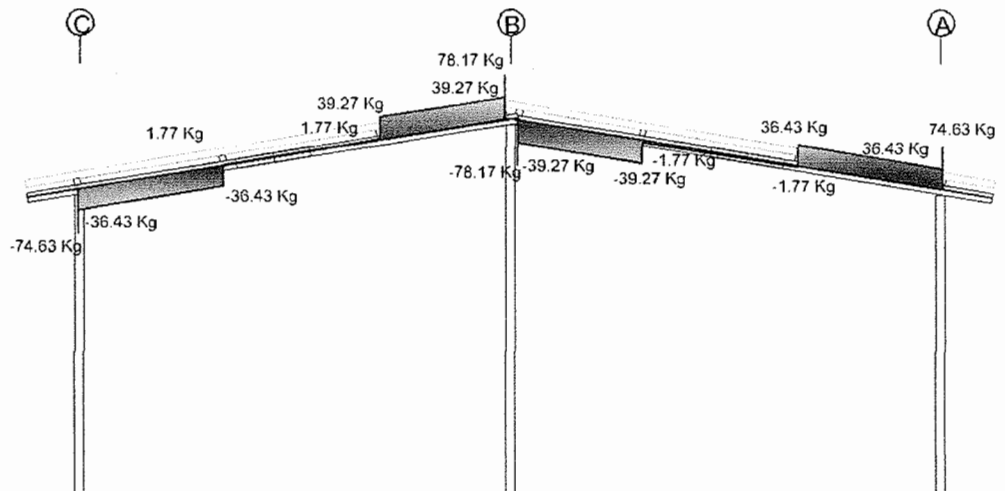
La figura 79 muestra el diagrama de corte por carga de viento del eje "2".

**Figura 79 Diagrama de corte eje "2", carga de viento**



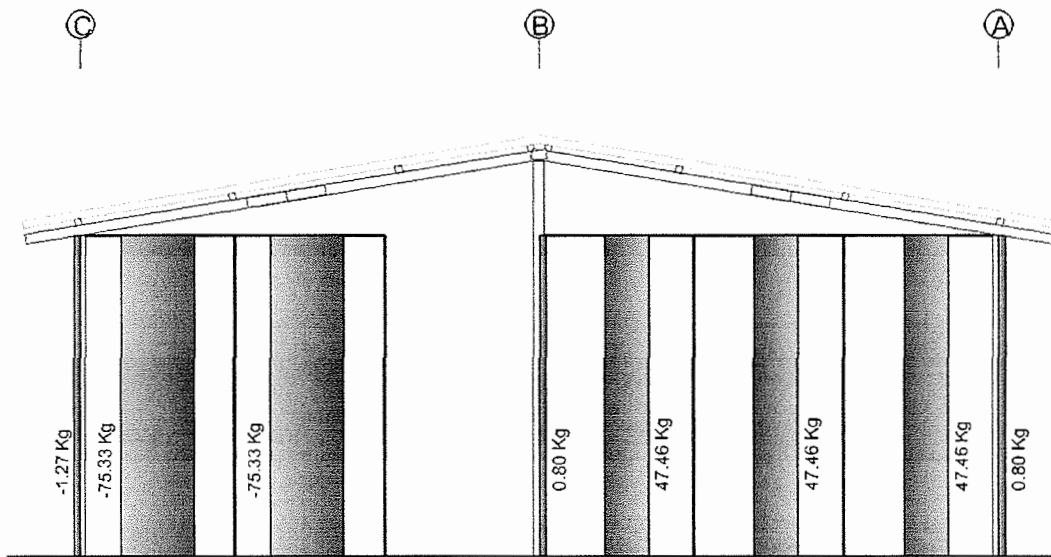
La figura 80 presenta el diagrama de corte por carga de viento, de las vigas ubicadas entre los ejes "2" y "3".

**Figura 80 Diagrama de corte, entre ejes "2" y "3", carga de viento**



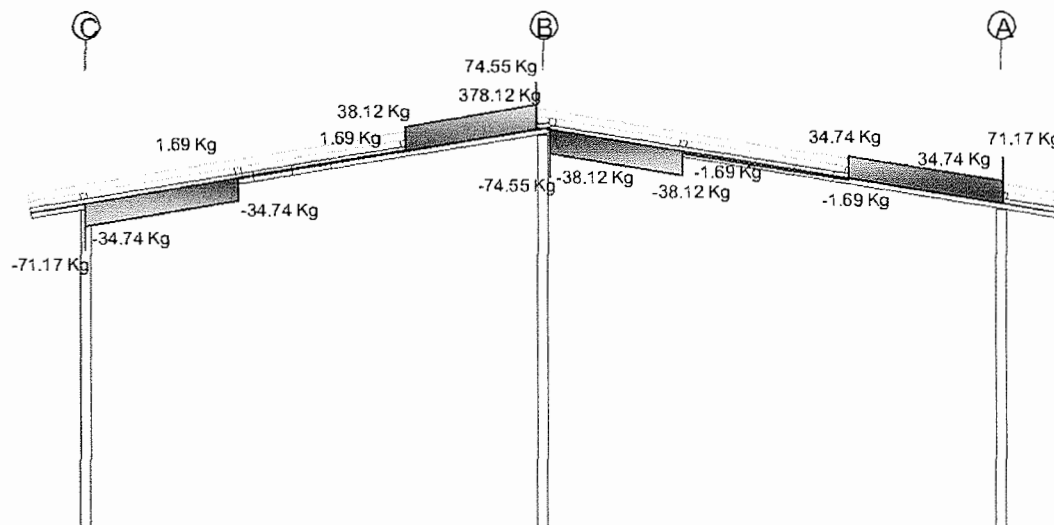
La figura 81 muestra el diagrama de corte por carga de viento del eje "3".

**Figura 81 Diagrama de corte eje "3", carga de viento**



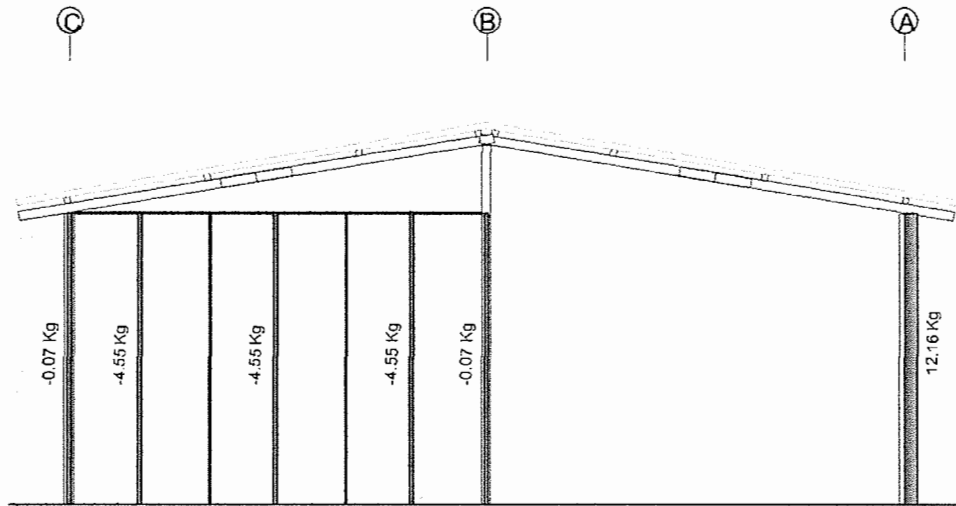
La figura 82 presenta el diagrama de corte por carga de viento, de las vigas ubicadas entre los ejes "3" y "4".

**Figura 82 Diagrama de corte, entre ejes "3" y "4", carga de viento**



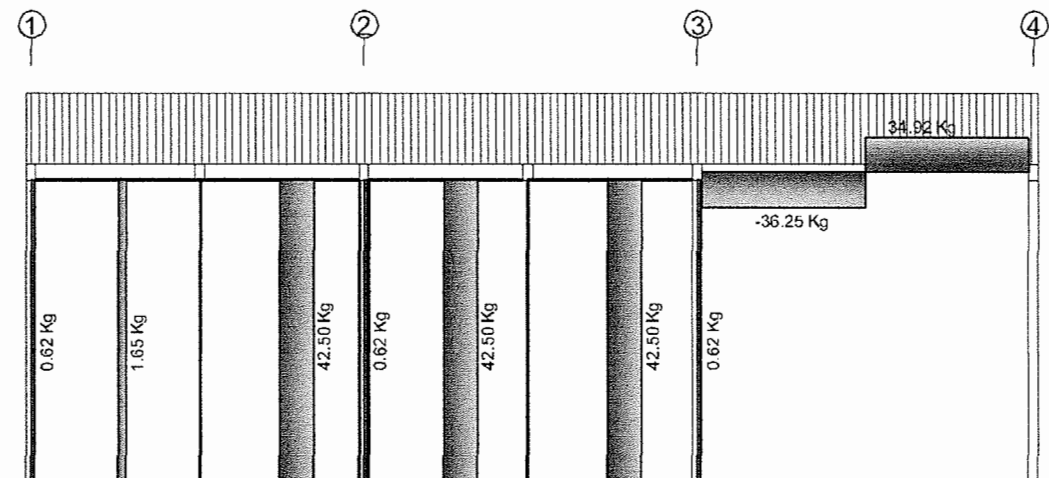
La figura 83 muestra el diagrama de corte por carga de viento del eje "4".

**Figura 83 Diagrama de corte eje "4", carga de viento**



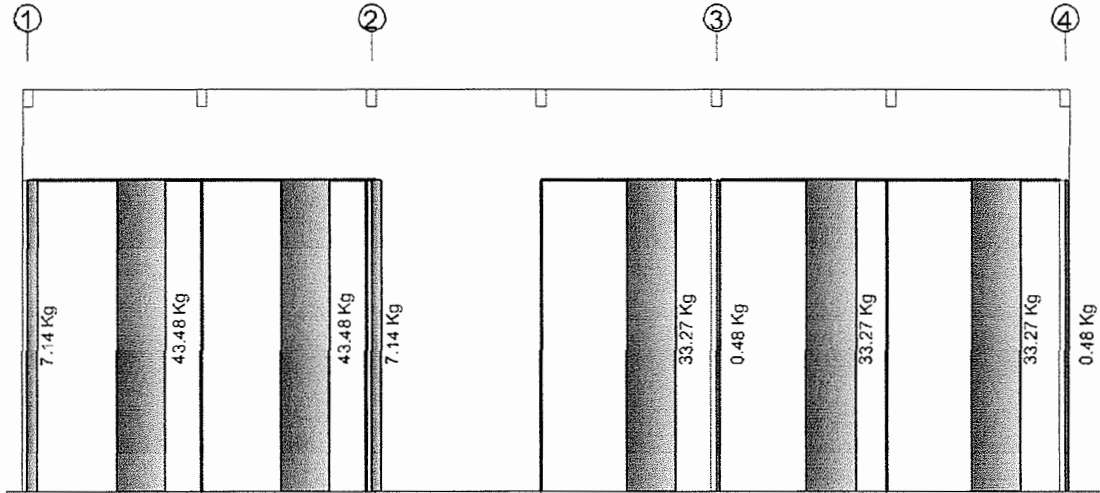
La figura 84 presenta el diagrama de corte por carga de viento del eje "A".

**Figura 84 Diagrama de corte eje "A", carga de viento**



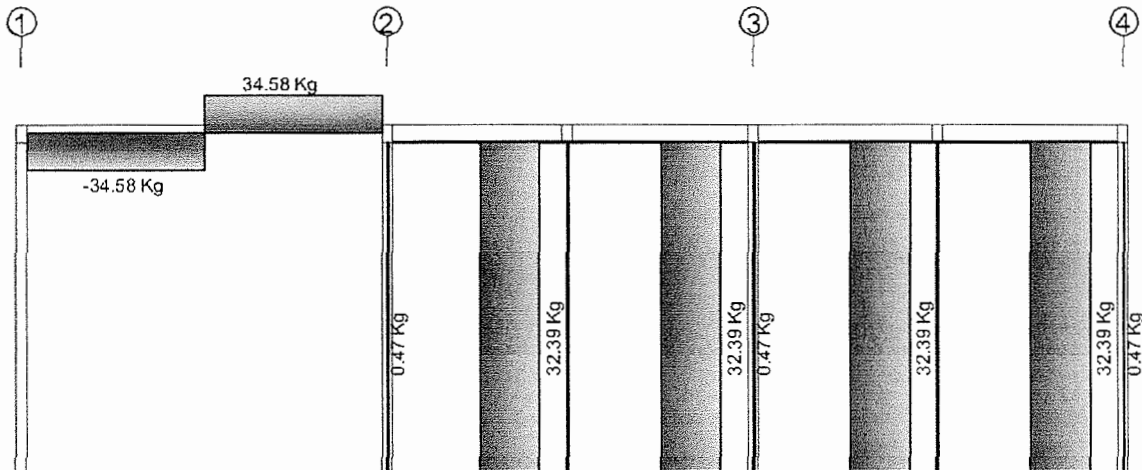
La figura 85 muestra el diagrama de corte por carga de viento del eje "B".

**Figura 85 Diagrama de corte eje "B", carga de viento**



La figura 86 presenta el diagrama de corte por carga de viento del eje "C".

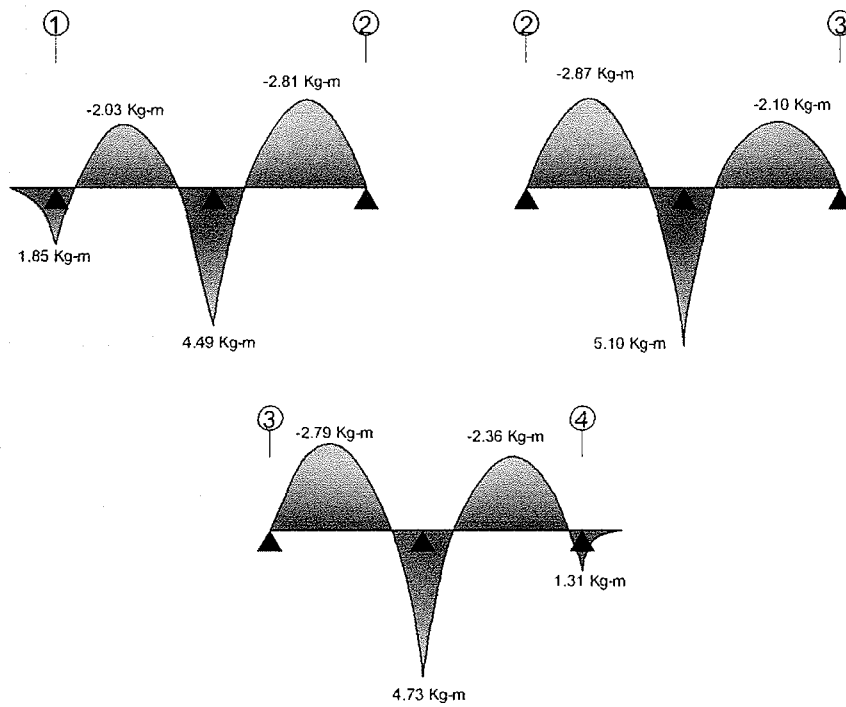
**Figura 86 Diagrama de corte eje "C", carga de viento**



#### 4.2.4.2. Momento

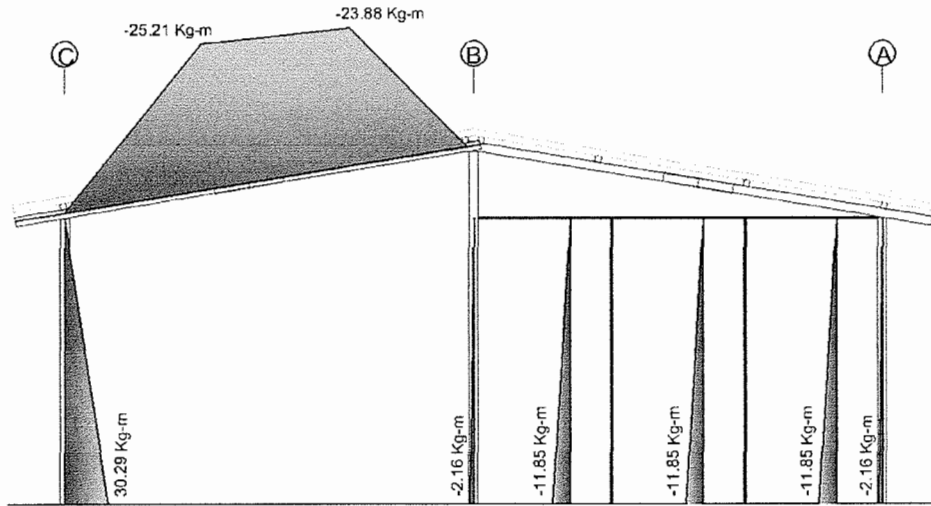
La figura 87 muestra el diagrama de momento por carga de viento del tendal típico.

Figura 87 Diagrama de momento de tendal típico, carga de viento



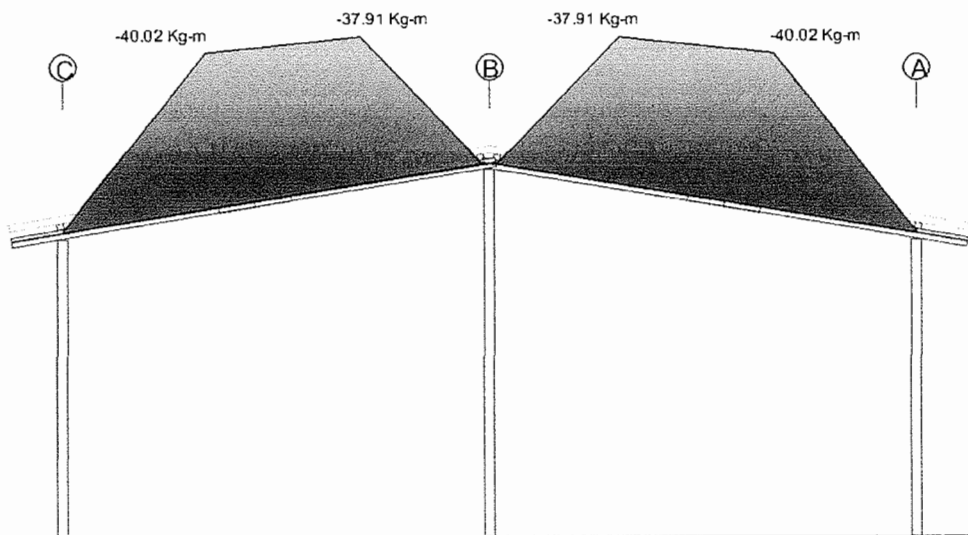
La figura 88 presenta el diagrama de momento producido por la carga de viento, en el eje "1".

**Figura 88 Diagrama de momento del eje "1", carga de viento**



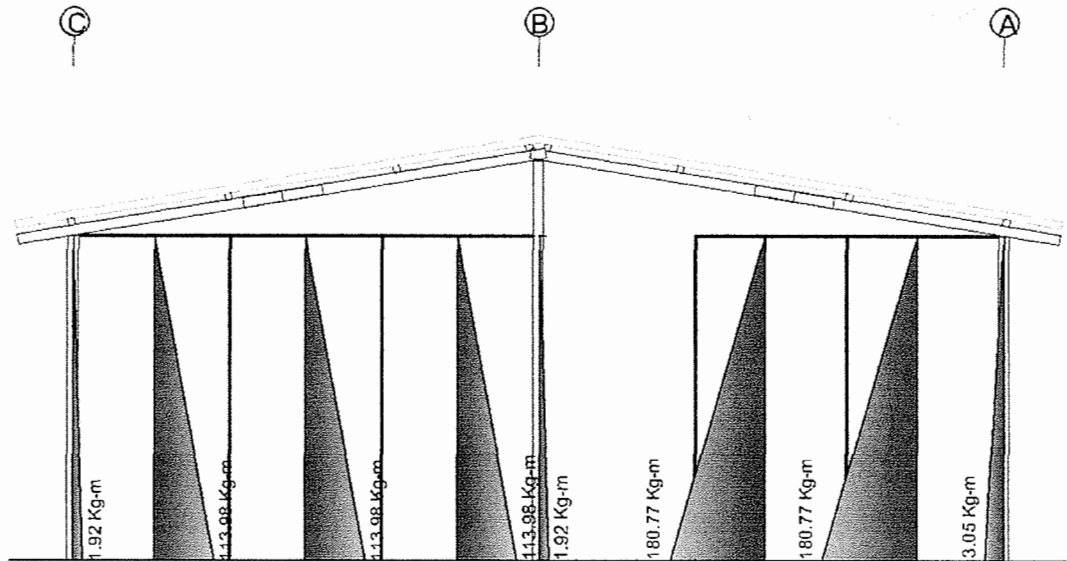
La figura 89 muestra el diagrama de momento producido por la carga de viento en la viga ubicada entre el eje "1" y "2".

**Figura 89 Diagrama de momento, entre ejes "1" y "2", carga de viento**



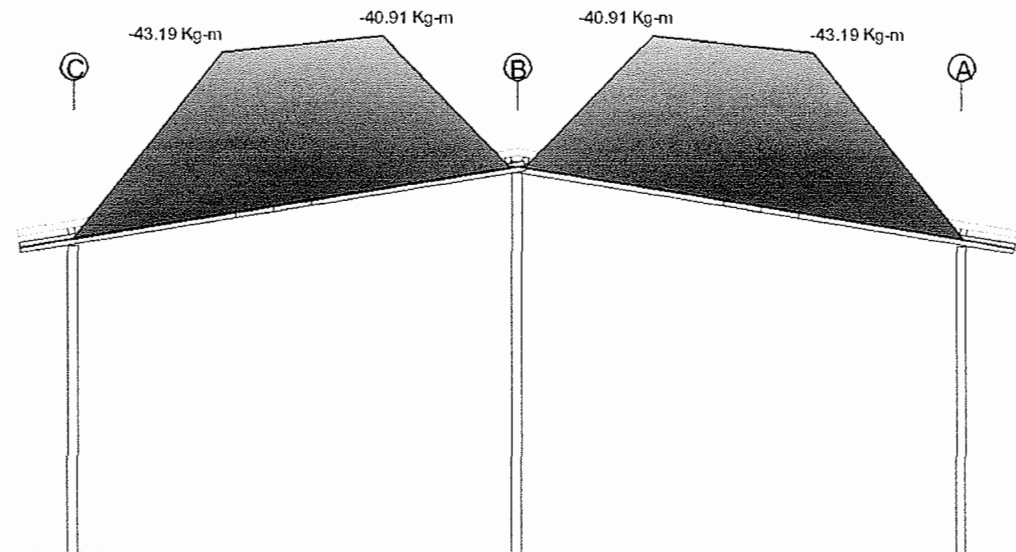
La figura 90 presenta el diagrama de momento producido por la carga de viento en el eje "2".

Figura 90 Diagrama de momento del eje "2", carga de viento



La figura 91 muestra el diagrama de momento producido por la carga de viento en la viga ubicada entre el eje "2" y "3".

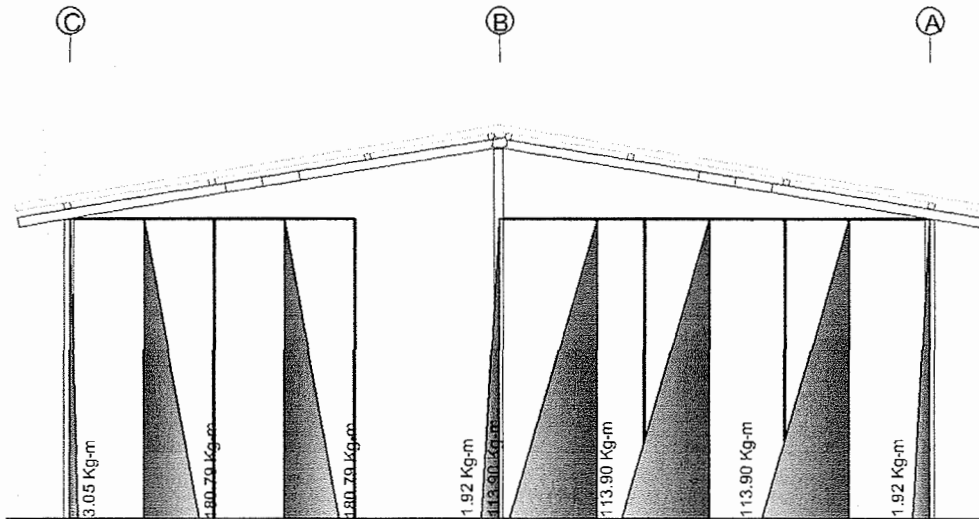
Figura 91 Diagrama de momento, entre ejes "2" y "3", carga de viento





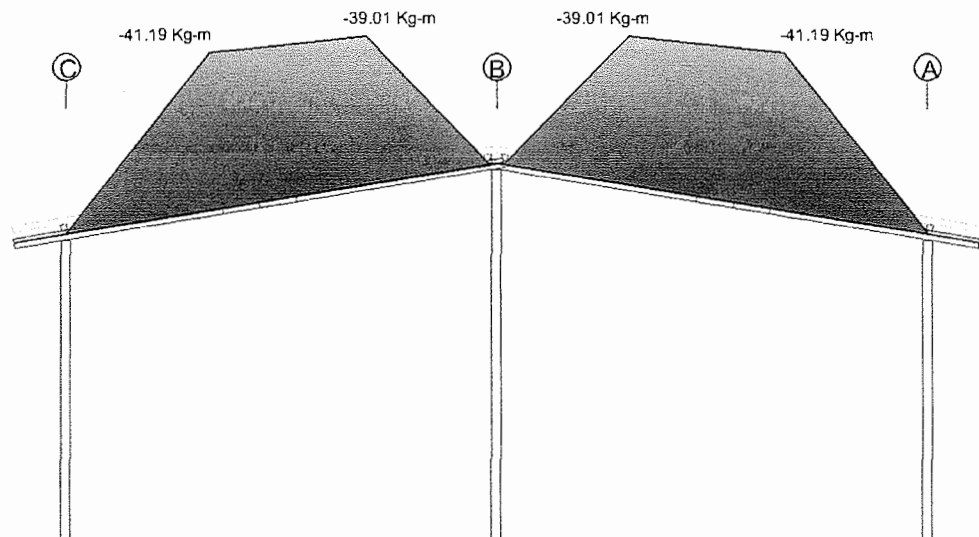
La figura 92 presenta el diagrama de momento producido por la carga de viento en el eje "3".

**Figura 92 Diagrama de momento del eje "3", carga de viento**



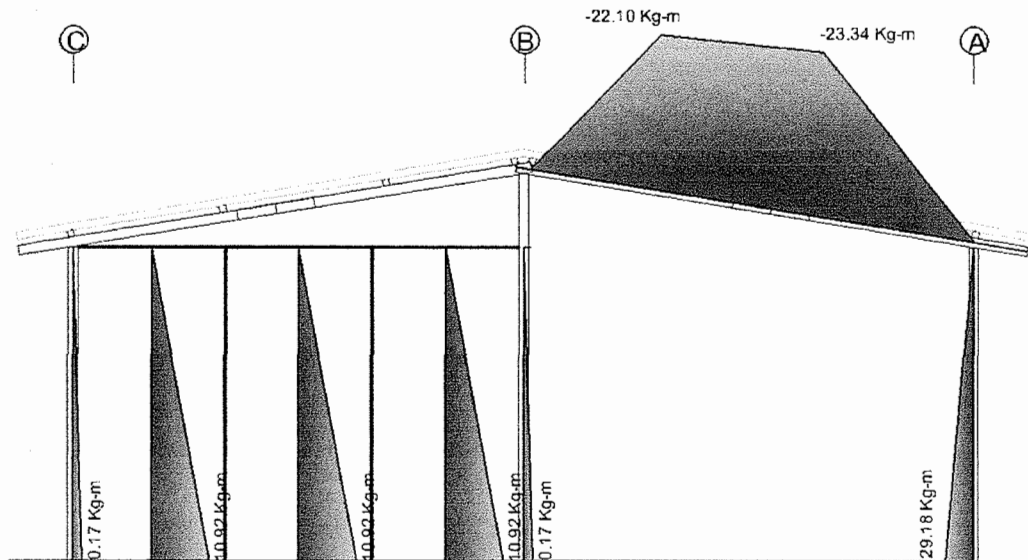
La figura 93 muestra el diagrama de momento producido por la carga de viento en la viga ubicada entre el eje "3" y "4".

**Figura 93 Diagrama de momento, entre ejes "3" y "4", carga de viento**



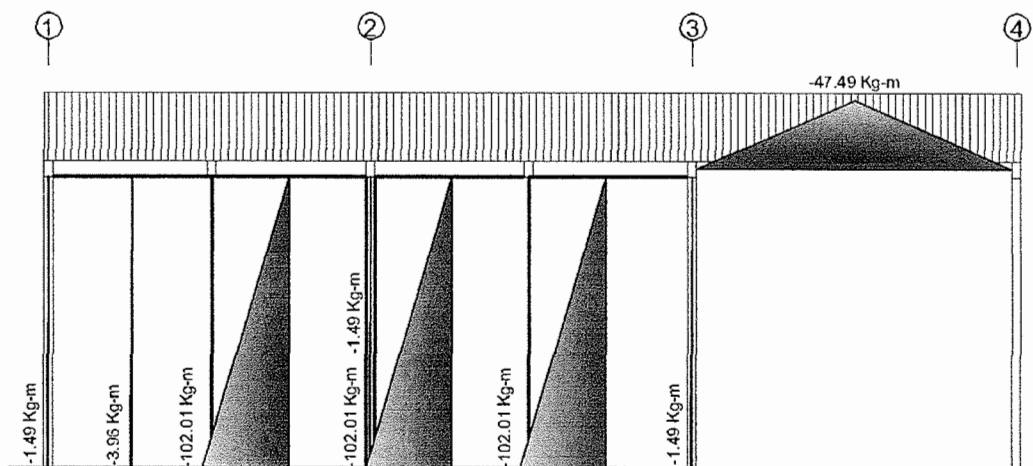
La figura 94 presenta el diagrama de momento producido por la carga de viento en el eje "4".

**Figura 94 Diagrama de momento del eje "4", carga de viento**



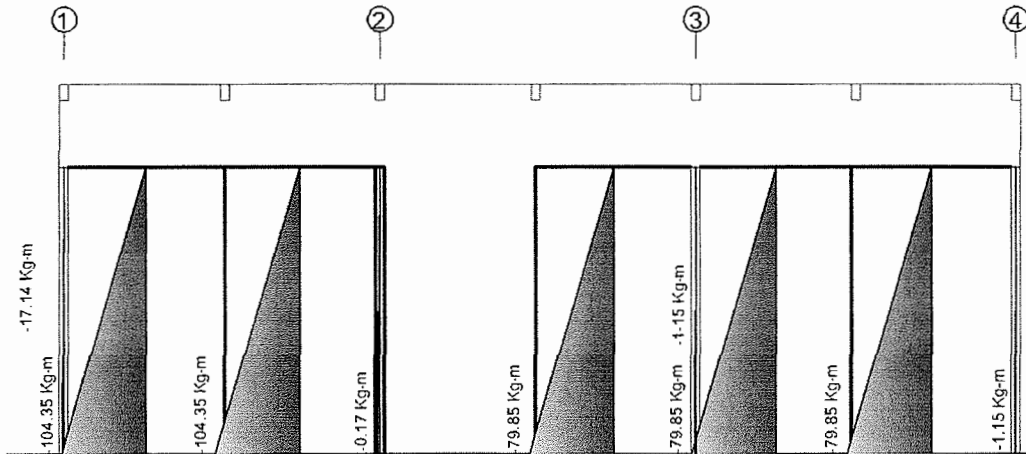
La figura 95 muestra el diagrama de momento producido por la carga de viento en el eje "A".

**Figura 95 Diagrama de momento del eje "A", carga de viento**



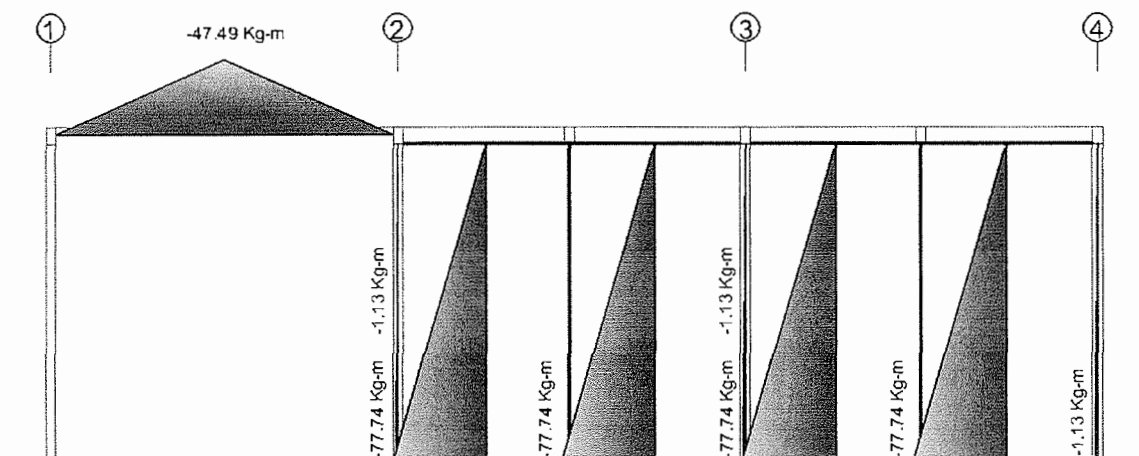
La figura 96 presenta el diagrama de momento producido por la carga de viento en el eje "B".

**Figura 96 Diagrama de momento del eje "B", carga de viento**



La figura 97 muestra el diagrama de momento producido por la carga de viento en el eje "C".

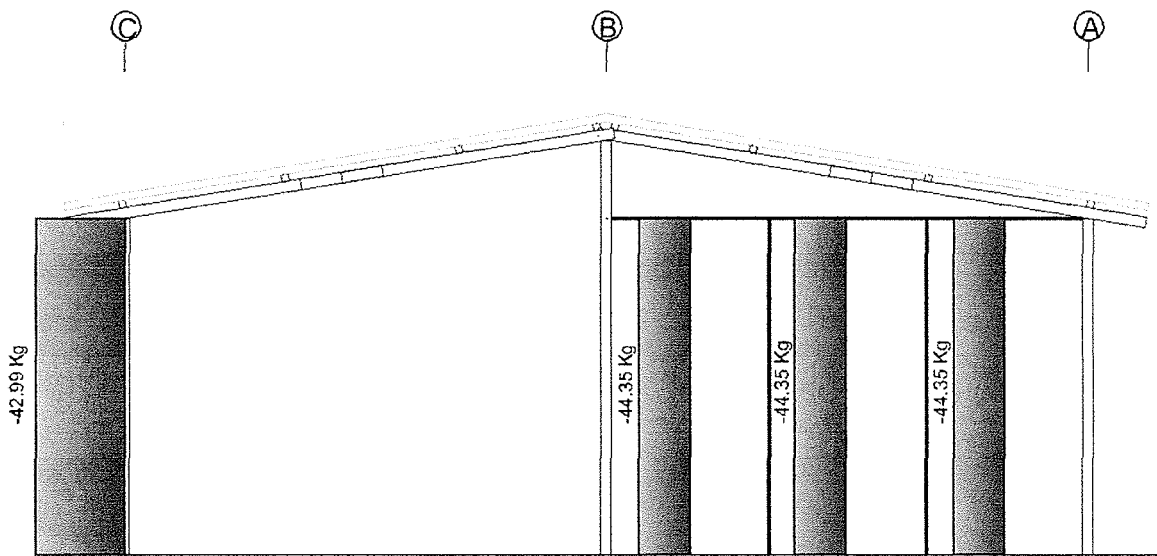
**Figura 97 Diagrama de momento del eje "C", carga de viento**



#### 4.2.4.3. Carga vertical

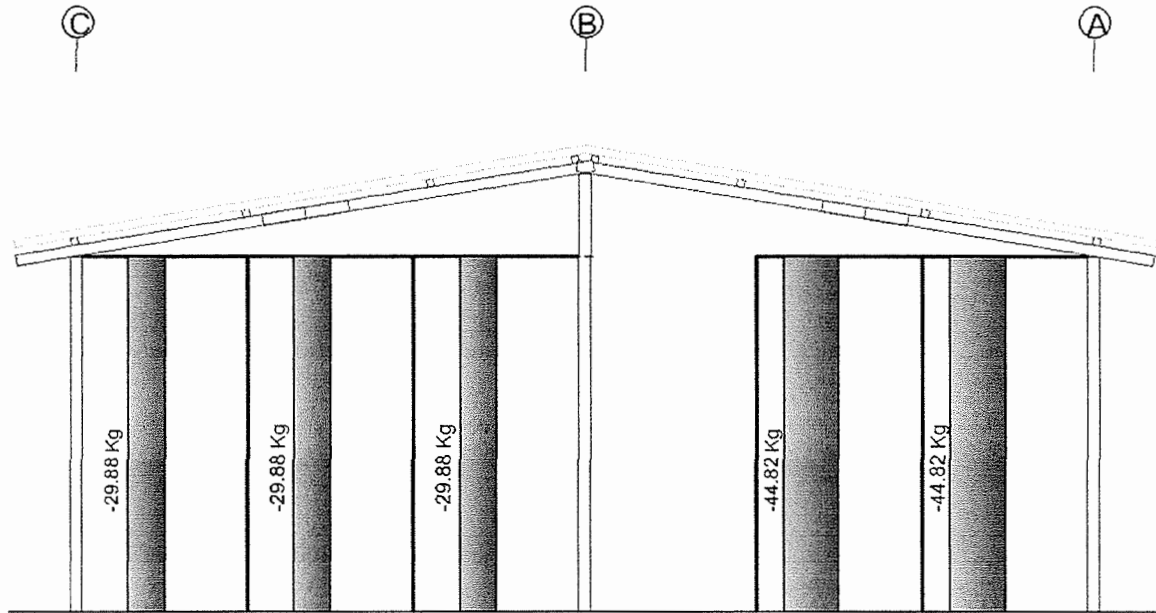
La figura 98 presenta el diagrama de carga vertical o axial, por la acción del viento, en el eje "1".

Figura 98 Diagrama de carga vertical en eje "1", carga de viento



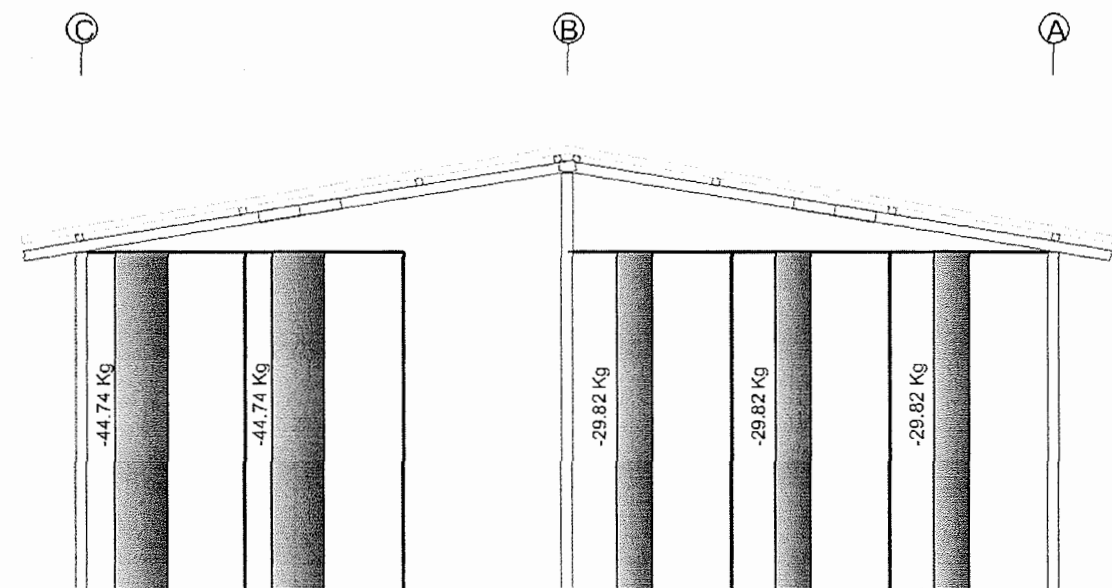
La figura 99 muestra el diagrama de carga vertical o axial, por la acción del viento, en el eje "2".

**Figura 99 Diagrama de carga vertical en eje "2", carga de viento**



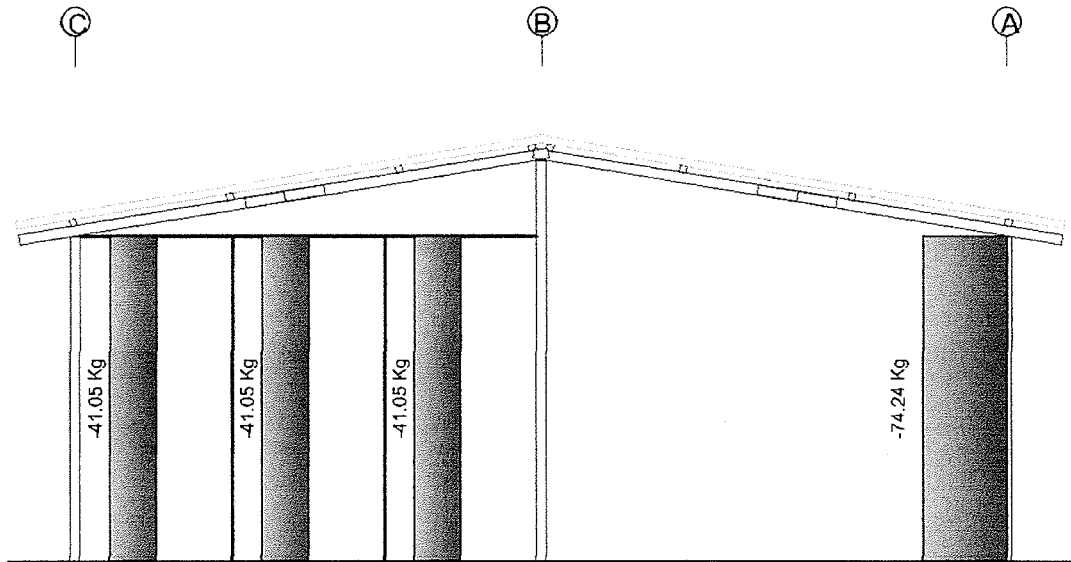
La figura 100 presenta el diagrama de carga vertical o axial, por la acción del viento, en el eje "3".

**Figura 100 Diagrama de carga vertical en eje "3", carga de viento**



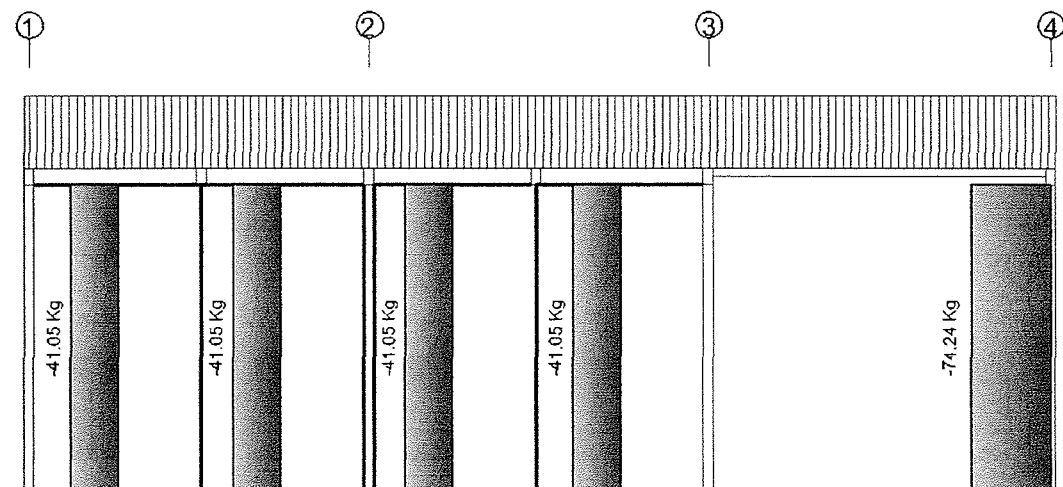
La figura 101 muestra el diagrama de carga vertical o axial, por la acción del viento, en el eje "4".

**Figura 101 Diagrama de carga vertical en eje "4", carga de viento**



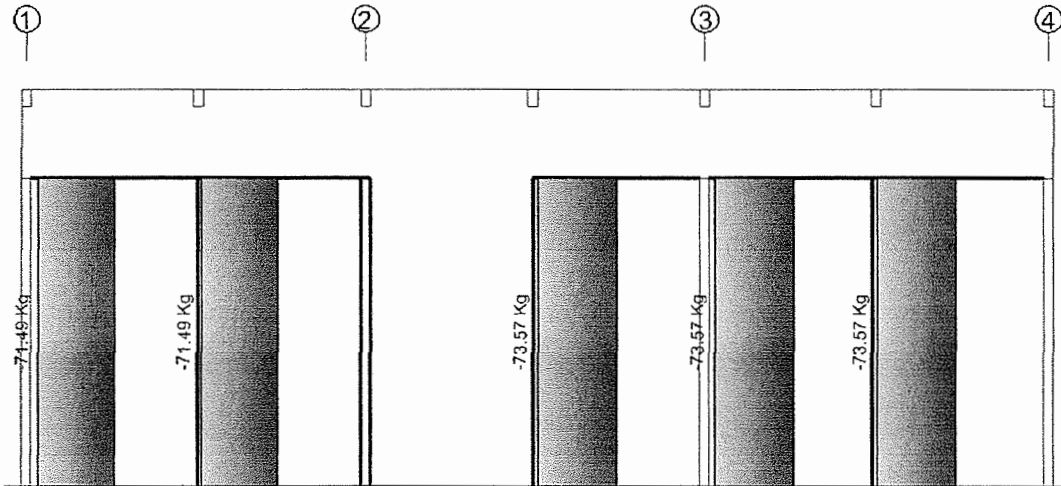
La figura 102 presenta el diagrama de carga vertical o axial, por la acción del viento, en el eje "A".

**Figura 102 Diagrama de carga vertical en eje "A", carga de viento**



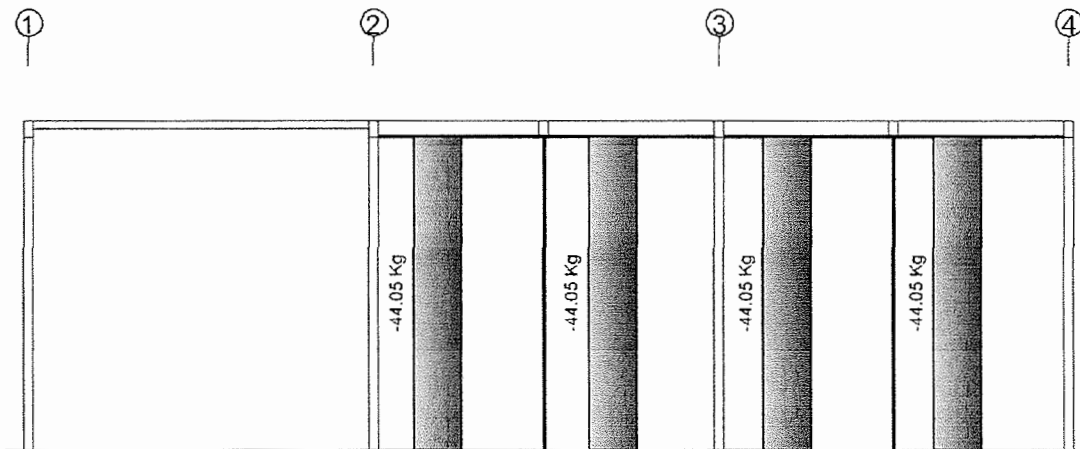
La figura 103 muestra el diagrama de carga vertical o axial, por la acción del viento, en el eje "B".

**Figura 103 Diagrama de carga vertical en eje "B", carga de viento**



La figura 104 presenta el diagrama de carga vertical o axial, por la acción del viento, en el eje "1".

**Figura 104 Diagrama de carga vertical en eje "1", carga de viento**



### 4.3. Combinaciones

El método para la revisión y análisis estructural del albergue modelo es "Factor de diseño de Carga y Resistencia" (*LRFD, Load and Resistance Factor Design*), y se han seleccionada las tres combinaciones siguientes:

- **Combinación 1:** únicamente carga muerta, según la ecuación 12-1 del Código Uniforme de Construcción de 1997 (UBC-97).

$$U = 1.4D$$

- **Combinación 2:** carga muerta con carga de viento, según la ecuación 12-4 del Código Uniforme de Construcción de 1997 (UBC-97).

$$U = 1.2D + 1.3W$$

- **Combinación 3:** carga muerta con carga de sismo, según la ecuación 12-5 del Código Uniforme de Construcción de 1997 (UBC-97).

$$U = 1.2D \pm 1.0E$$

El código presenta una ecuación adicional, la ecuación 12-6, que muestra una forma similar a la ecuación 12-4 y a la ecuación 12-5, pero disminuye el factor de carga muerta a 0.90. Este cambio puede favorecer las cargas de sismo y viento, y representar mayores esfuerzos; pero es válido principalmente para estructuras no destinadas al uso habitacional donde se puede ejercer mayor control sobre la operación de la estructura.



Para el caso particular del albergue modelo del proyecto “VERSÁTIL” no es recomendable, primero por la ubicación del albergue modelo y segundo porque la probabilidad de un viento de 112 Km/h en la ubicación es escasa.

#### 4.3.1. Envolventes

Las envolventes mostradas en esta sección, para las combinaciones arriba mostradas, se diferencian entre sí de la siguiente forma: la combinación 1 será construida por una línea fina, la combinación 2 por una línea ligeramente más gruesa y la combinación 3 por una línea discontinua, como se presenta en la figura 105.

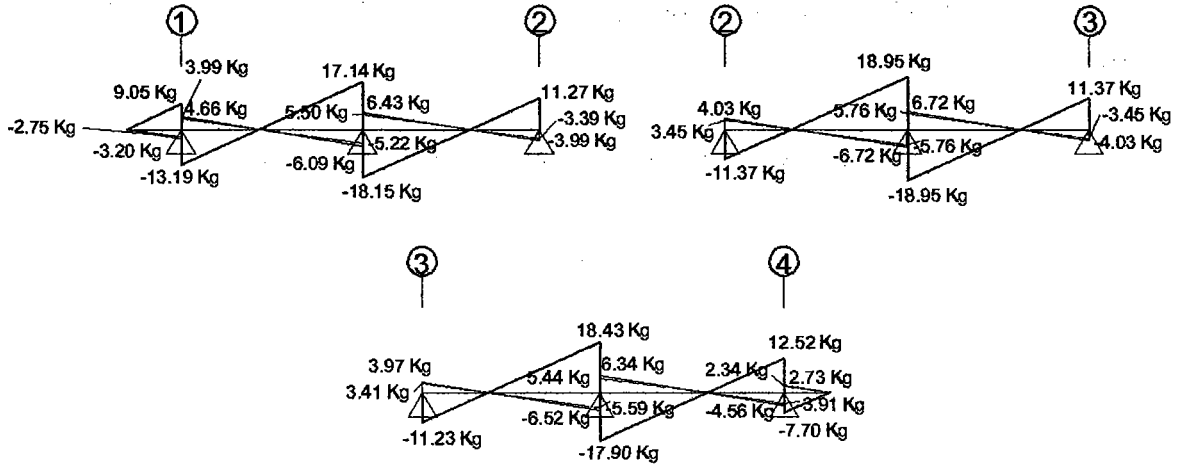
**Figura 105** Simbología para las envolventes

	$U=1.4D$
	$U=1.2D+1.3W$
	$U=1.2D\pm 1.0E$

##### 4.3.1.1. Corte

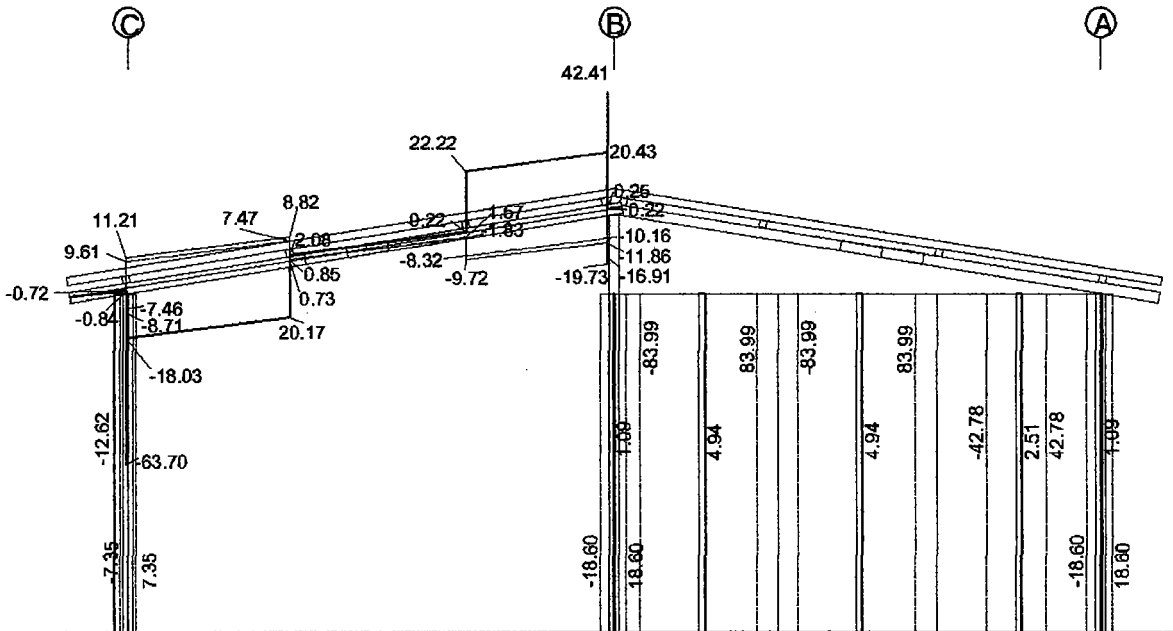
La figura 106 presenta la envolvente de corte de las tres combinaciones consideradas para el tendal típico.

**Figura 106 · Envoltura de corte para el tendal típico**



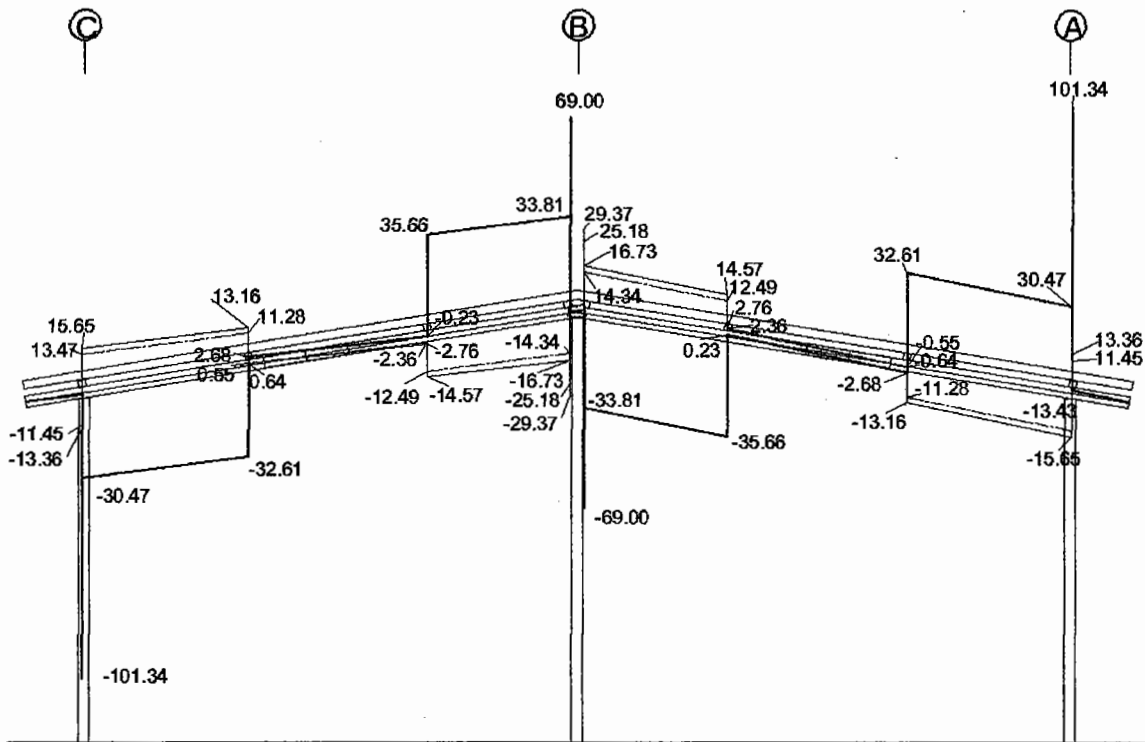
La figura 107 presenta la envoltura de corte de las tres combinaciones consideradas para el eje "1"; el diagrama fue construido en kilogramos.

**Figura 107 Envoltura de corte para el eje "1"**



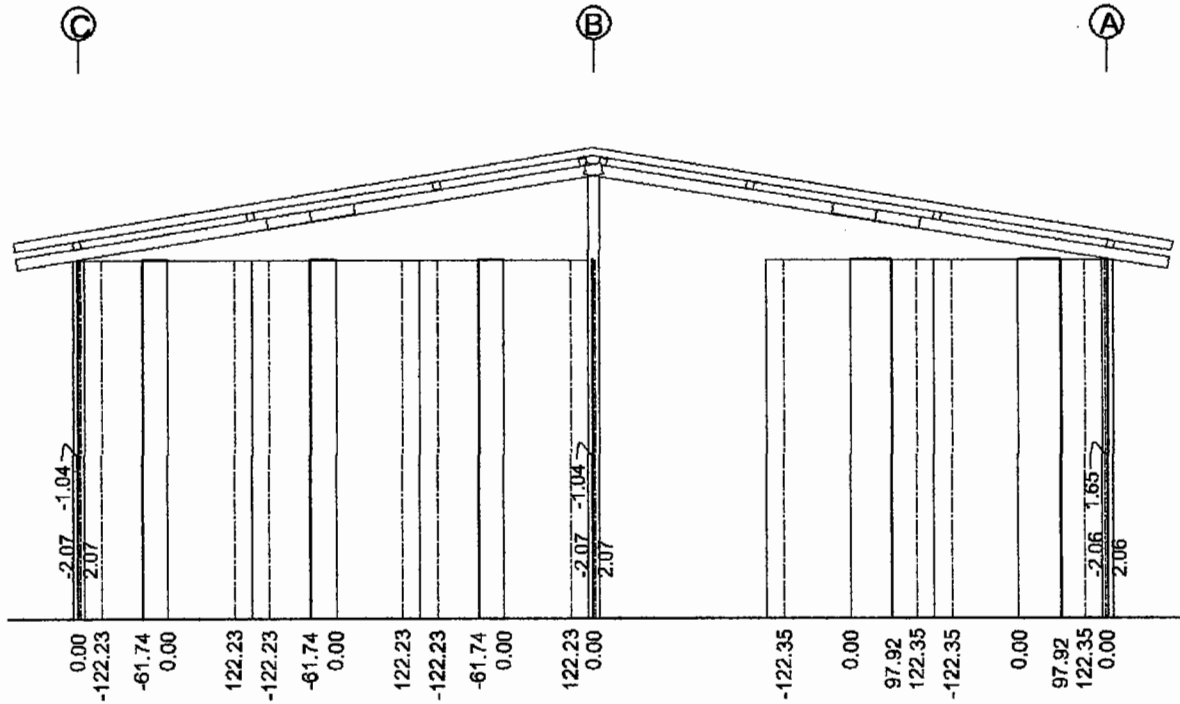
La figura 108 presenta la envolvente de corte de las tres combinaciones consideradas para la viga entre los ejes "1" y "2"; el diagrama fue construido en kilogramos.

**Figura 108 Envolvente de corte entre ejes "1" y "2"**



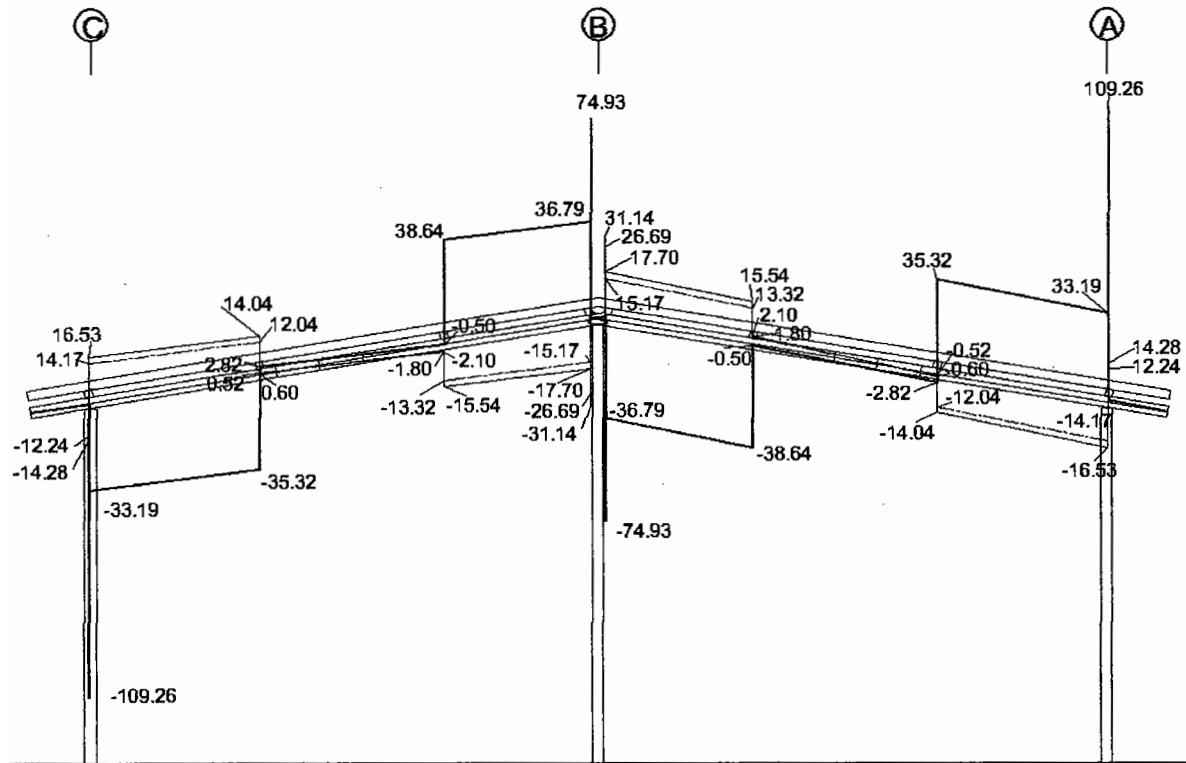
La figura 109 presenta la envolvente de corte de las tres combinaciones consideradas para el eje "2"; el diagrama fue construido en kilogramos.

Figura 109 Envolvente de corte para el eje "2"



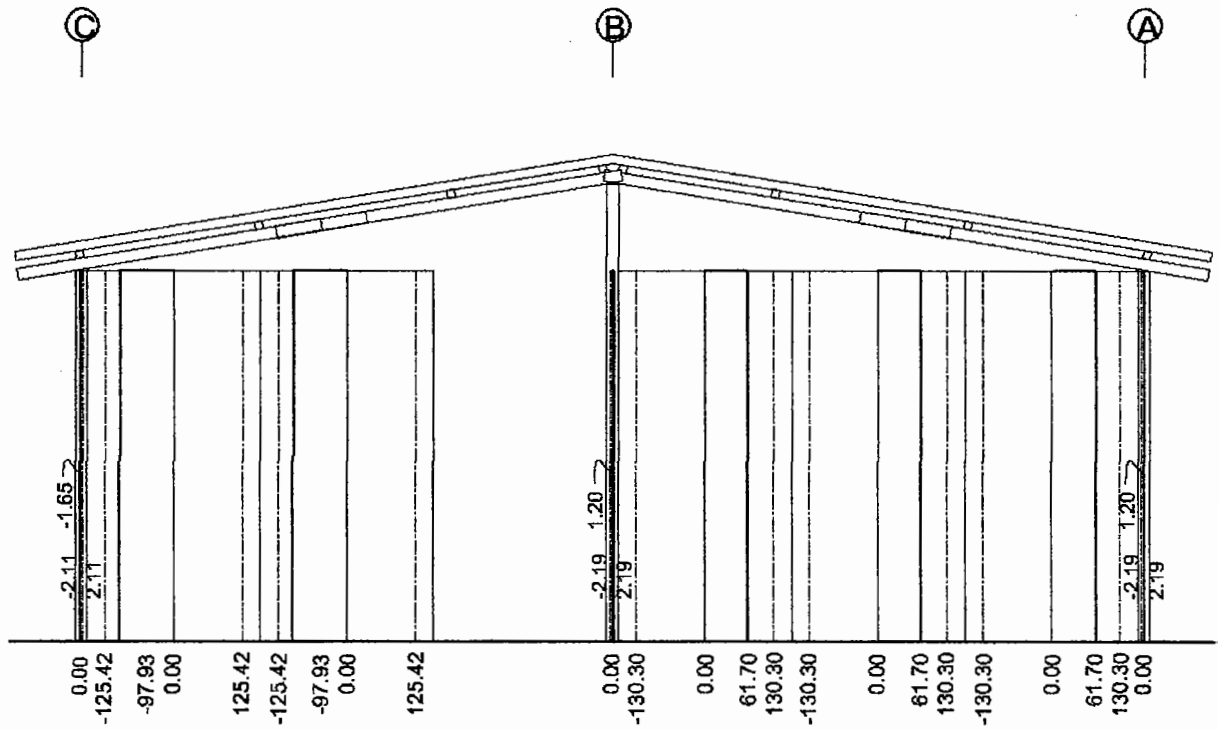
La figura 110 presenta la envolvente de corte de las tres combinaciones consideradas para la viga entre los ejes "2" y "3"; el diagrama fue construido en kilogramos.

Figura 110 Envolvente de corte entre ejes "2" y "3"



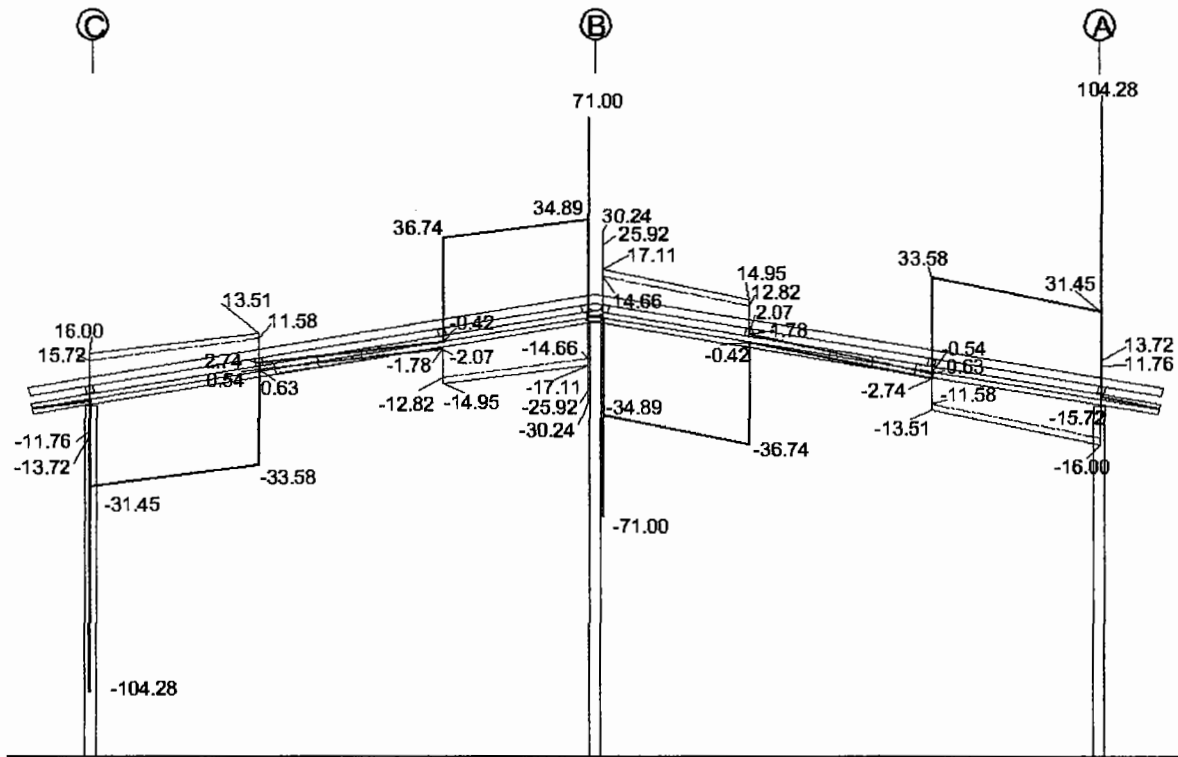
La figura 111 presenta la envolvente de corte de las tres combinaciones consideradas para el eje "3"; el diagrama fue construido en kilogramos.

Figura 111 Envoltente de corte para el eje "3"



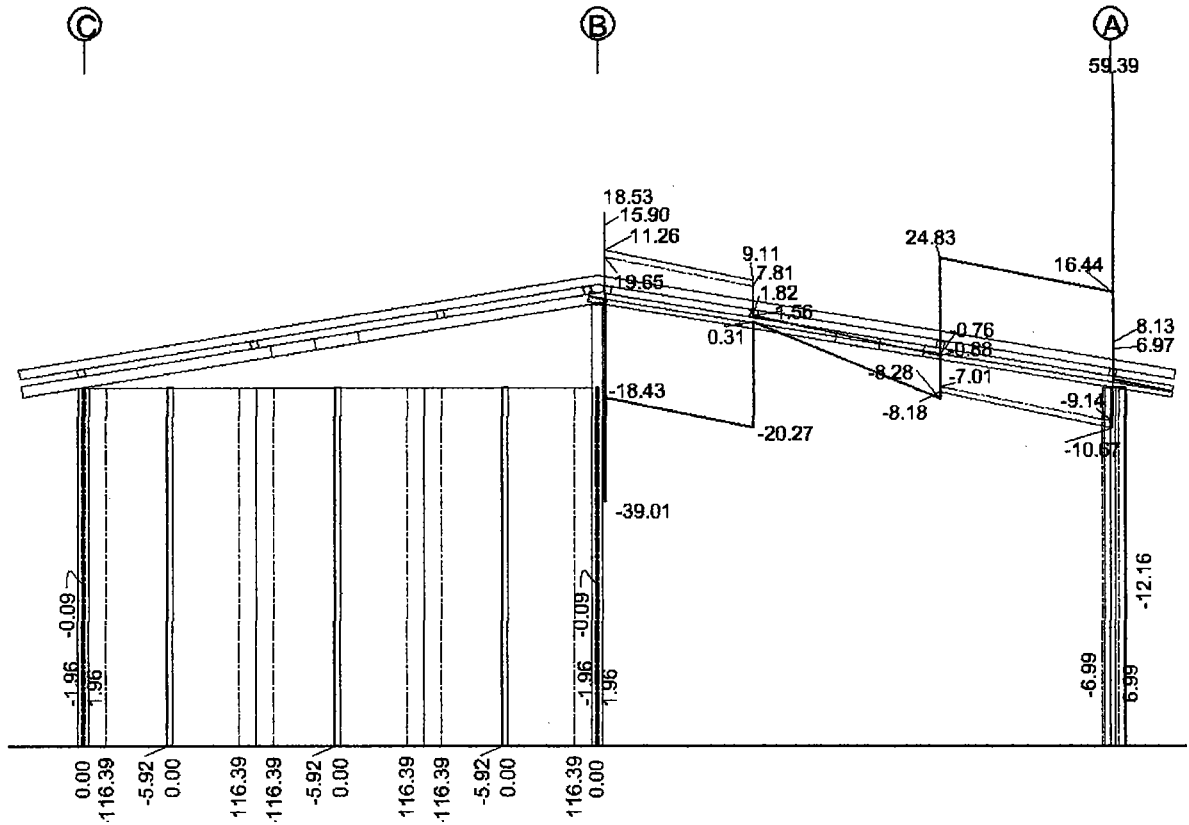
La figura 112 presenta la envoltente de corte de las tres combinaciones consideradas para la viga entre los ejes "3" y "4"; el diagrama fue construido en kilogramos.

Figura 112 Envolvente de corte entre ejes "3" y "4"



La figura 113 presenta la envolvente de corte de las tres combinaciones consideradas para el eje "4"; el diagrama fue construido en kilogramos.

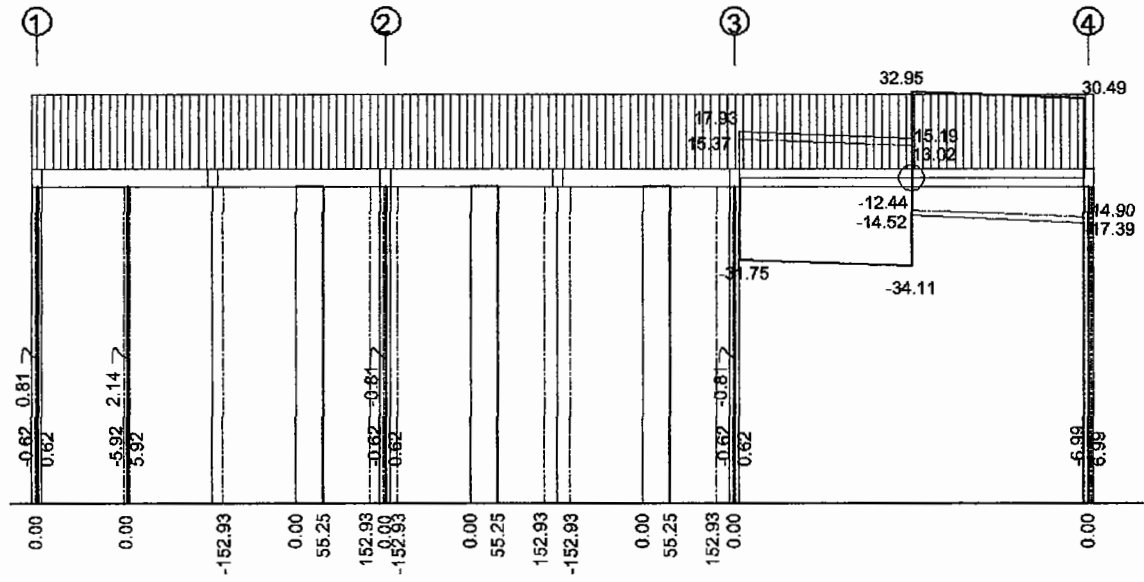
Figura 113 Envolvente de corte para el eje "4"



La figura 114 presenta la envolvente de corte de las tres combinaciones consideradas para el eje "A"; el diagrama fue construido en kilogramos.

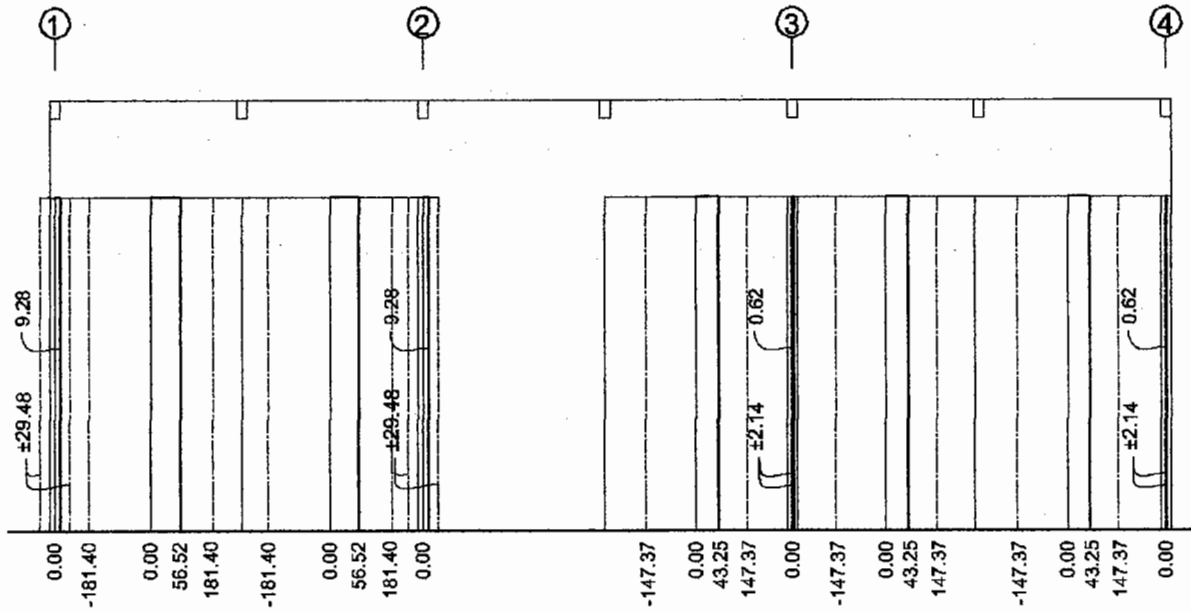


**Figura 114 Envoltente de corte para el eje "A"**



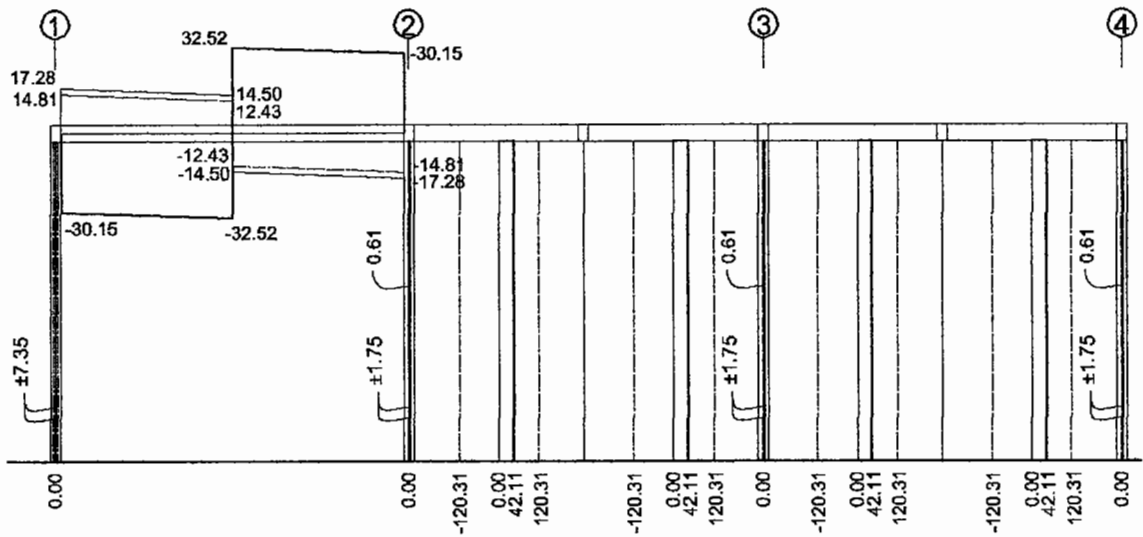
La figura 115 presenta la envoltente de corte de las tres combinaciones consideradas para el eje "B"; el diagrama fue construido en kilogramos.

**Figura 115 Envoltente de corte para el eje "B"**



La figura 116 presenta la envoltente de corte de las tres combinaciones consideradas para el eje "C"; el diagrama fue construido en kilogramos.

**Figura 116 Envoltente de corte para el eje "C"**

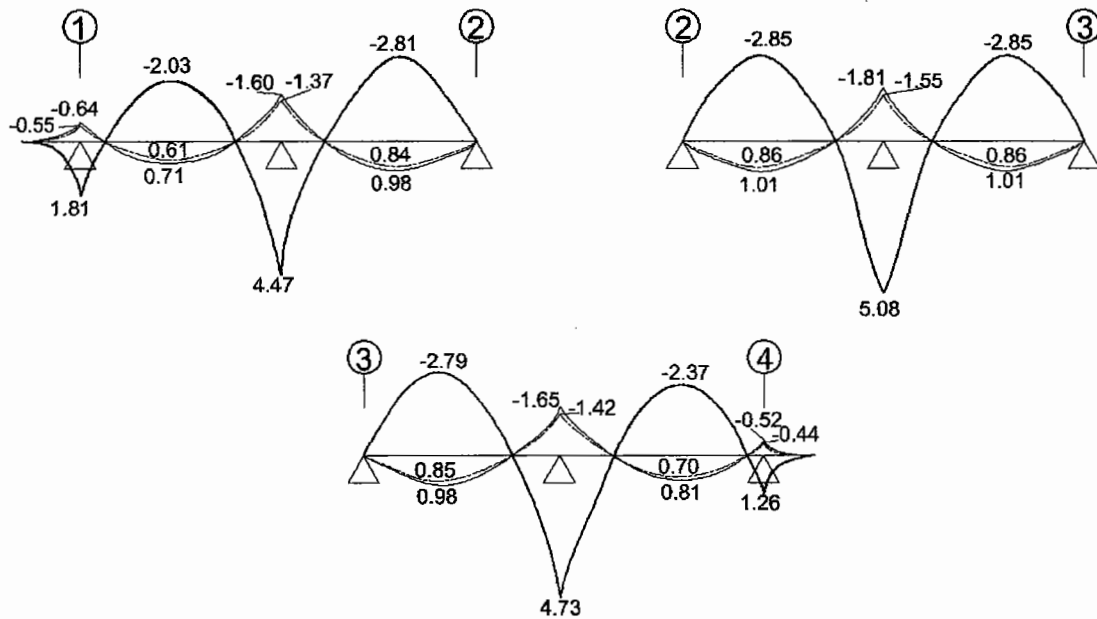


### 4.3.1.2. Momento

Los diagramas de esta sección tienen unidades de kilogramo-metro (kg-m), si el diagrama está sobre el eje neutro corresponde un momento negativo y si el diagrama está por debajo del eje neutro corresponde un momento positivo.

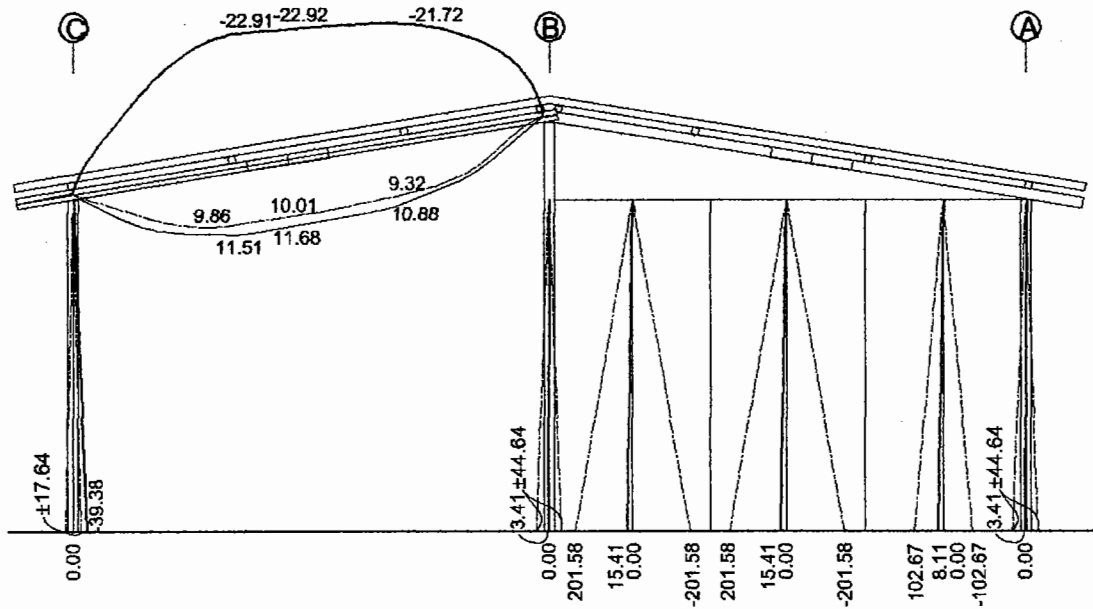
La figura 117 presenta la envolvente de momentos para el tendal típico, de las tres combinaciones consideradas.

Figura 117 Envolvente de momento de tendal típico



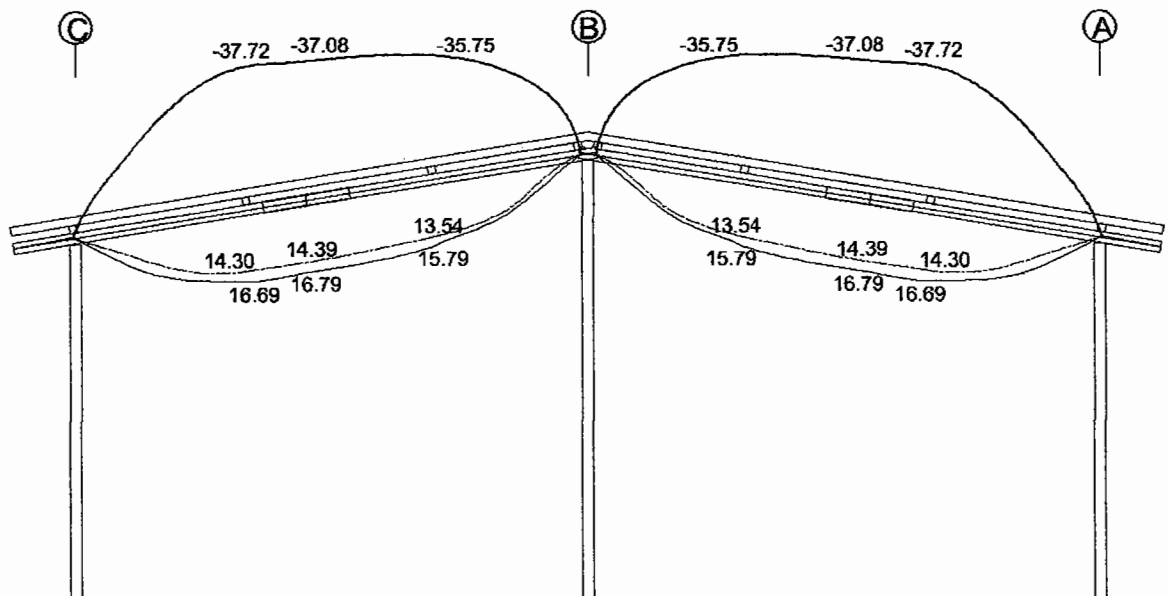
La figura 118 presenta la envolvente de momento del eje "1", para las tres combinaciones seleccionadas.

**Figura 118 Envolvente de momentos para el eje "1"**



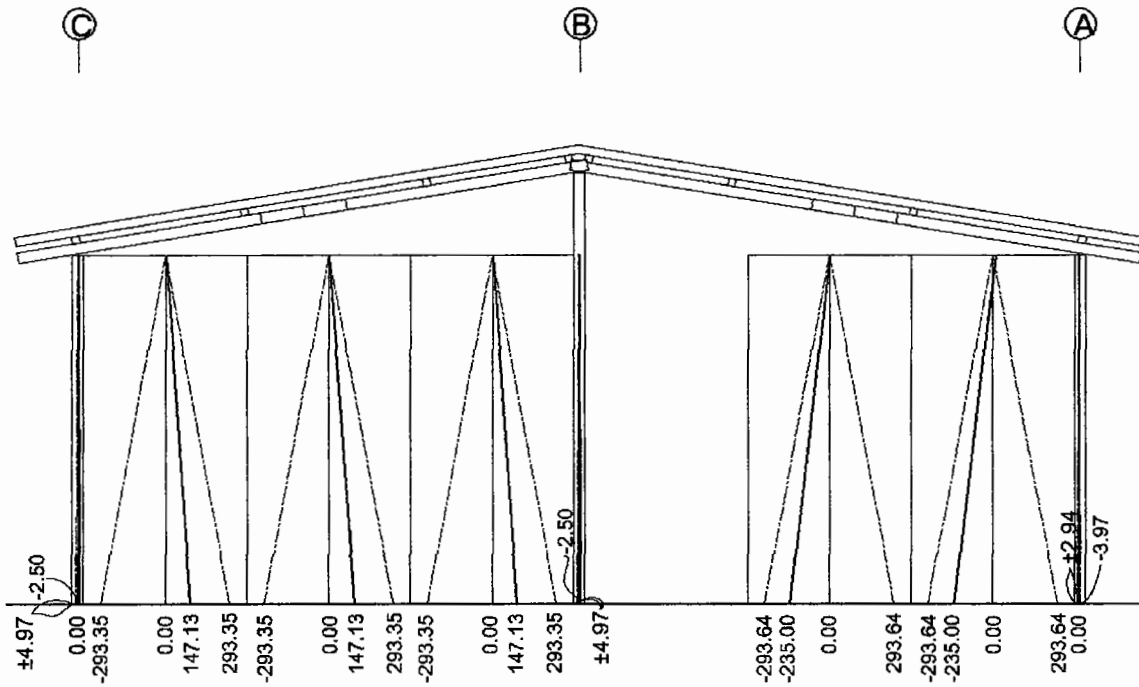
La figura 119 presenta la envolvente de momento para la viga ubicada entre los ejes "1" y "2", para las combinaciones seleccionadas.

**Figura 119 Envolvente de momento entre ejes "1" y "2"**



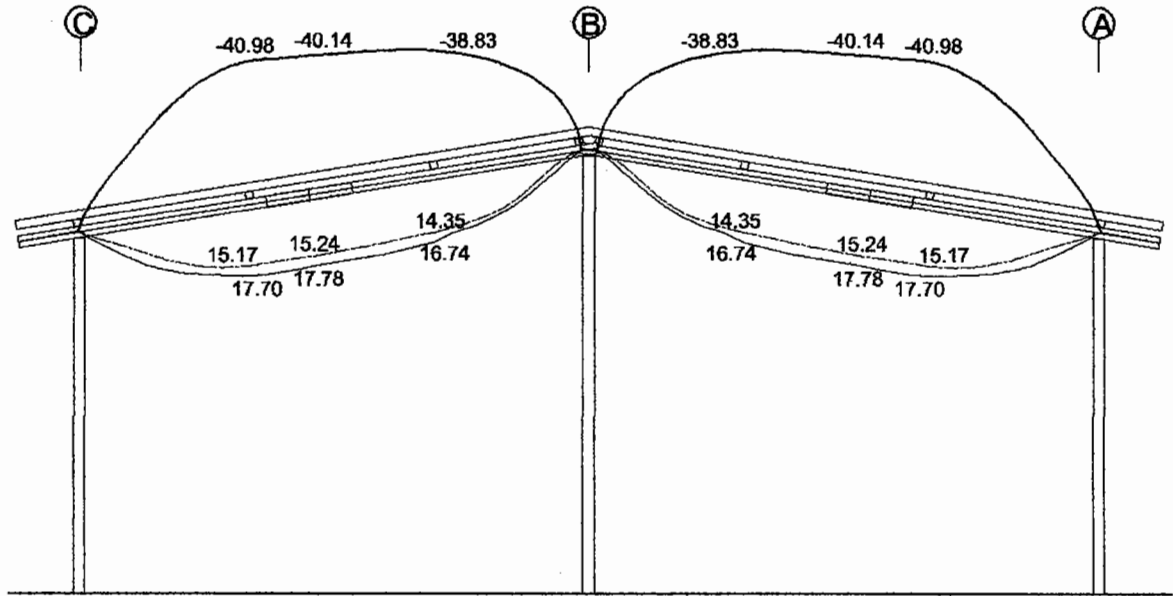
La figura 120 presenta la envolvente de momento del eje "2", para las tres combinaciones seleccionadas.

**Figura 120 Envolvente de momentos para el eje "2"**



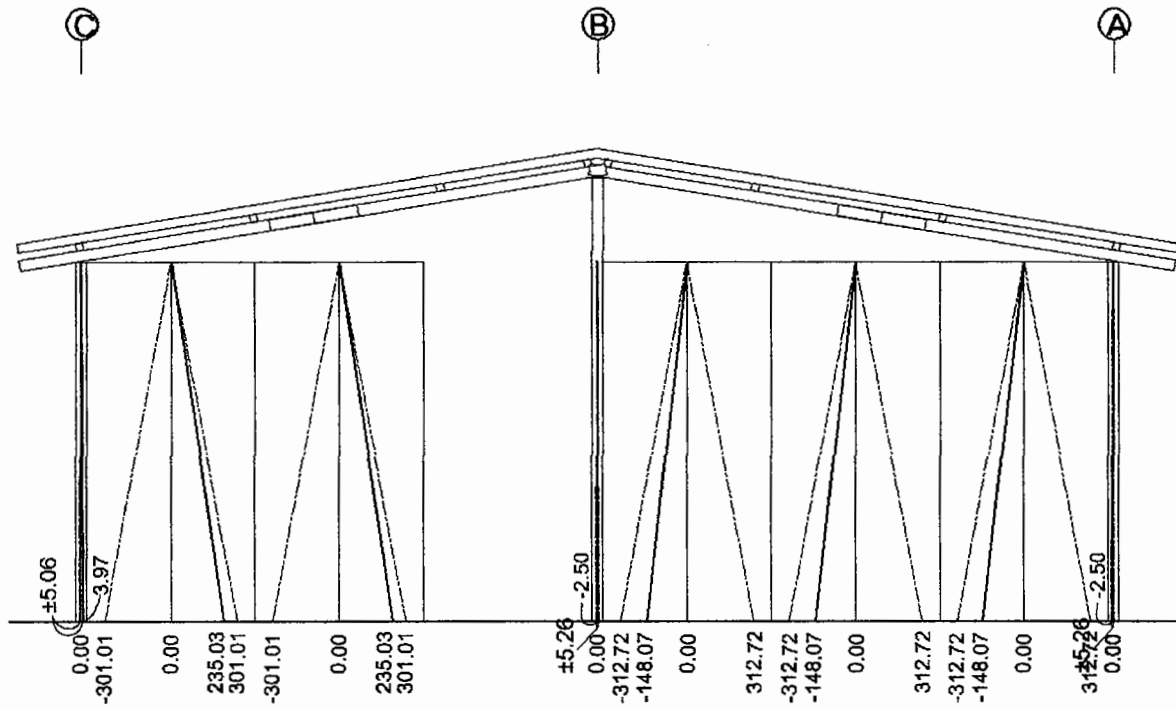
La figura 121 presenta la envolvente de momento para la viga ubicada entre los ejes "2" y "3", para las combinaciones seleccionadas.

Figura 121 Envolvente de momento entre ejes "2" y "3"



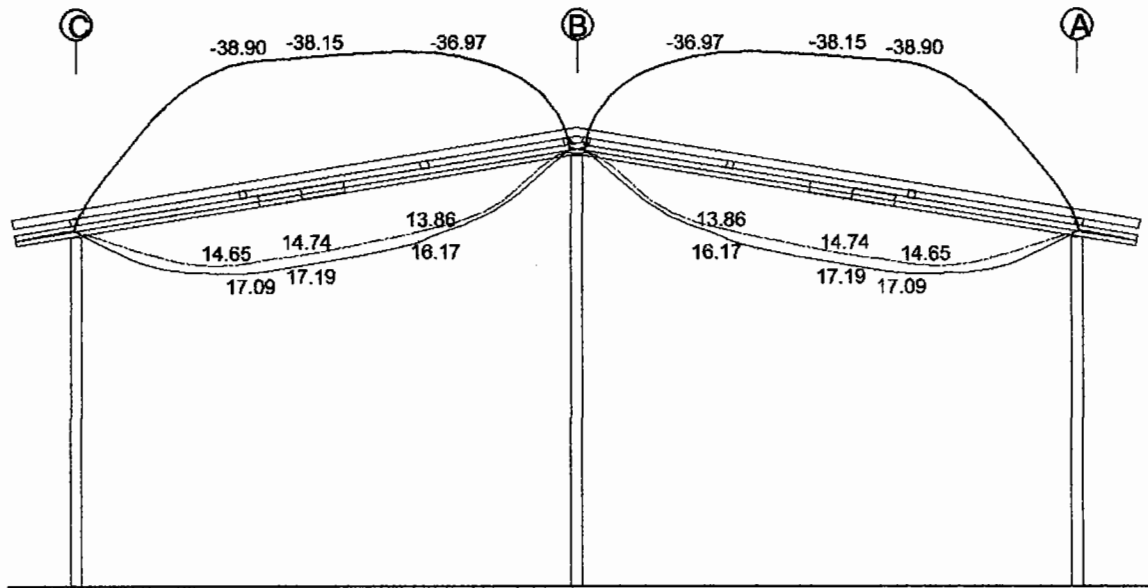
La figura 122 presenta la envolvente de momento del eje "3", para las tres combinaciones seleccionadas.

Figura 122 Envolvente de momentos para el eje "3"



La figura 123 presenta la envolvente de momento para la viga ubicada entre los ejes "3" y "4", para las combinaciones seleccionadas.

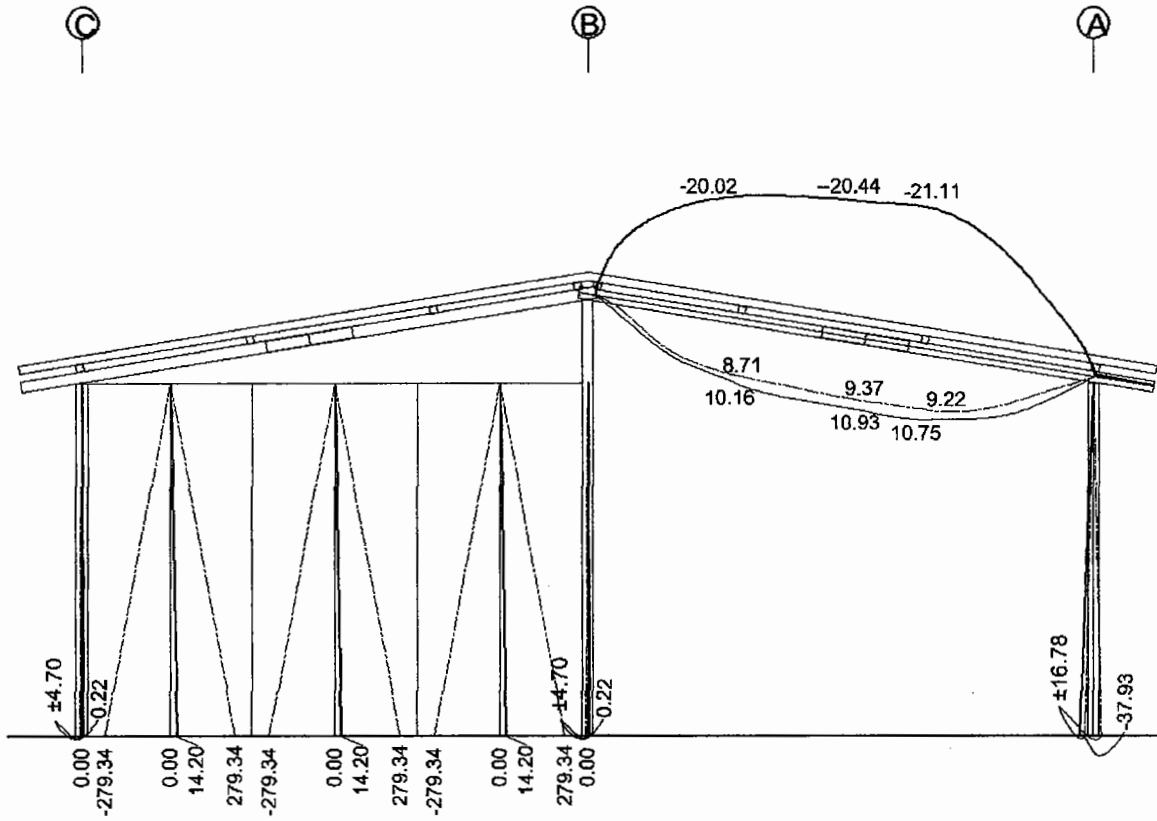
Figura 123 Envolvente de momento entre ejes "3" y "4"



La figura 124 presenta la envolvente de momento del eje "4", para las tres combinaciones seleccionadas.

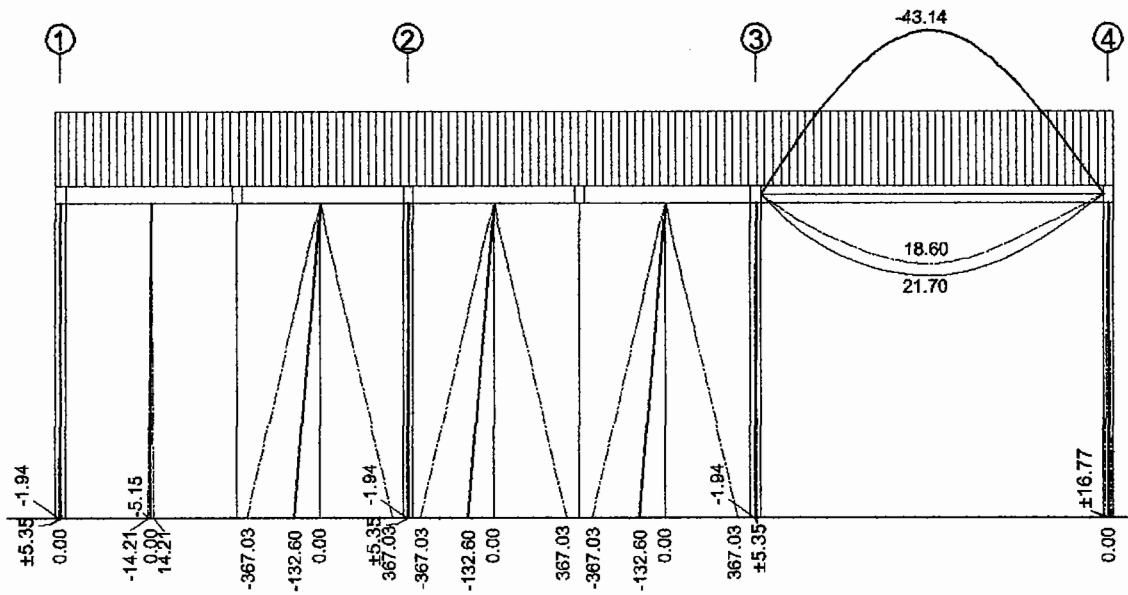


Figura 124 Envolvente de momentos para el eje "4"



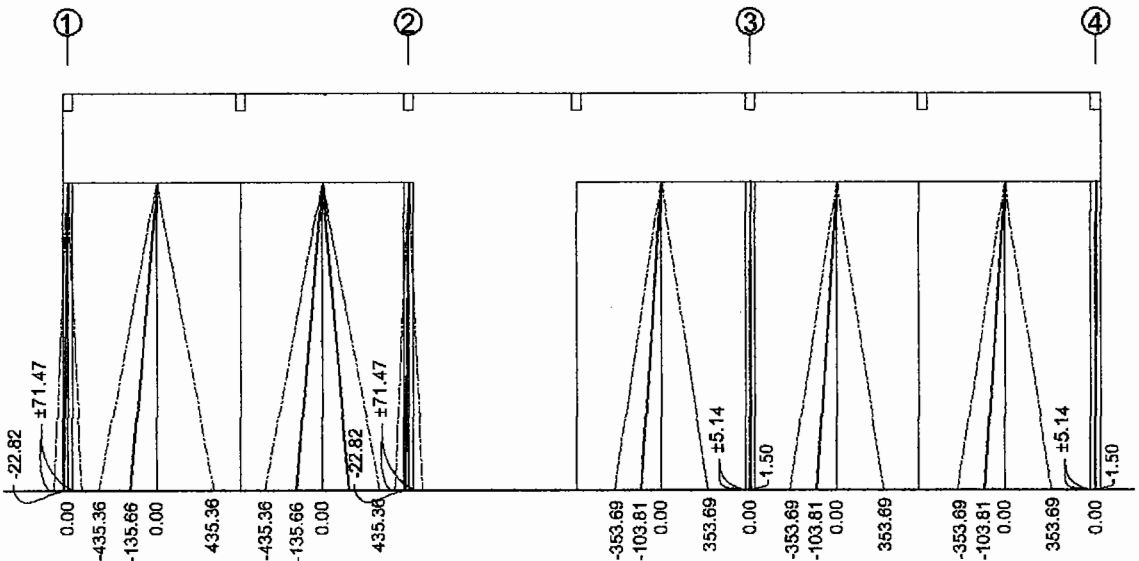
La figura 125 presenta la envolvente de momento del eje "A", para las tres combinaciones seleccionadas.

**Figura 125 Envolvente de momentos para el eje "A"**



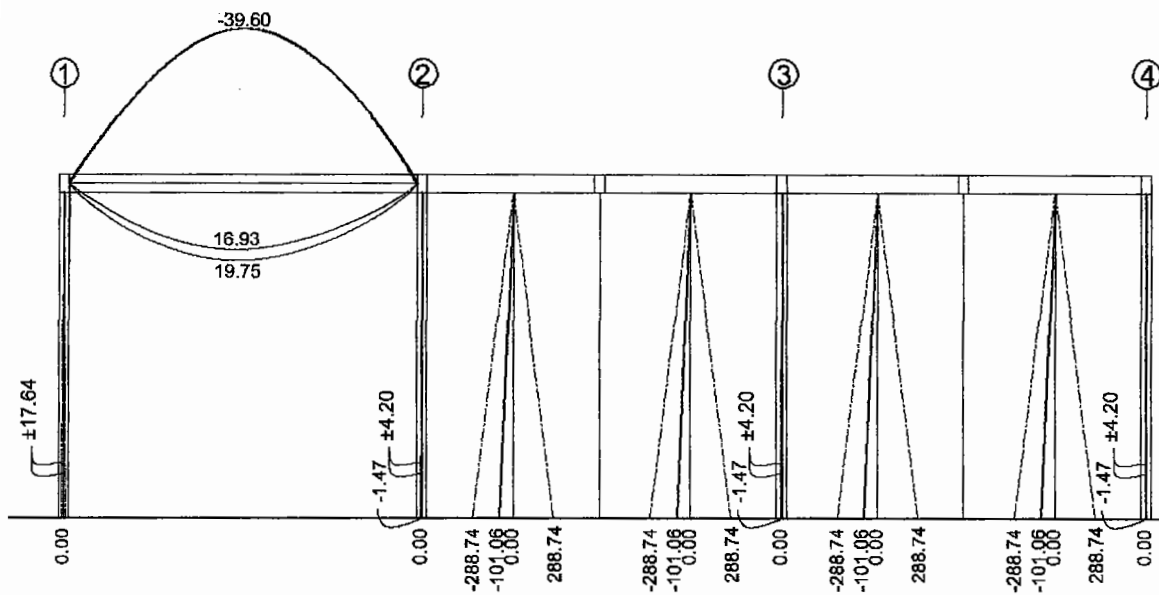
La figura 126 presenta la envolvente de momento del eje "B", para las tres combinaciones seleccionadas.

**Figura 126 Envolvente de momentos para el eje "B"**



La figura 127 presenta la envolvente de momento del eje "C", para las tres combinaciones seleccionadas.

**Figura 127 Envolvente de momentos para el eje "C"**

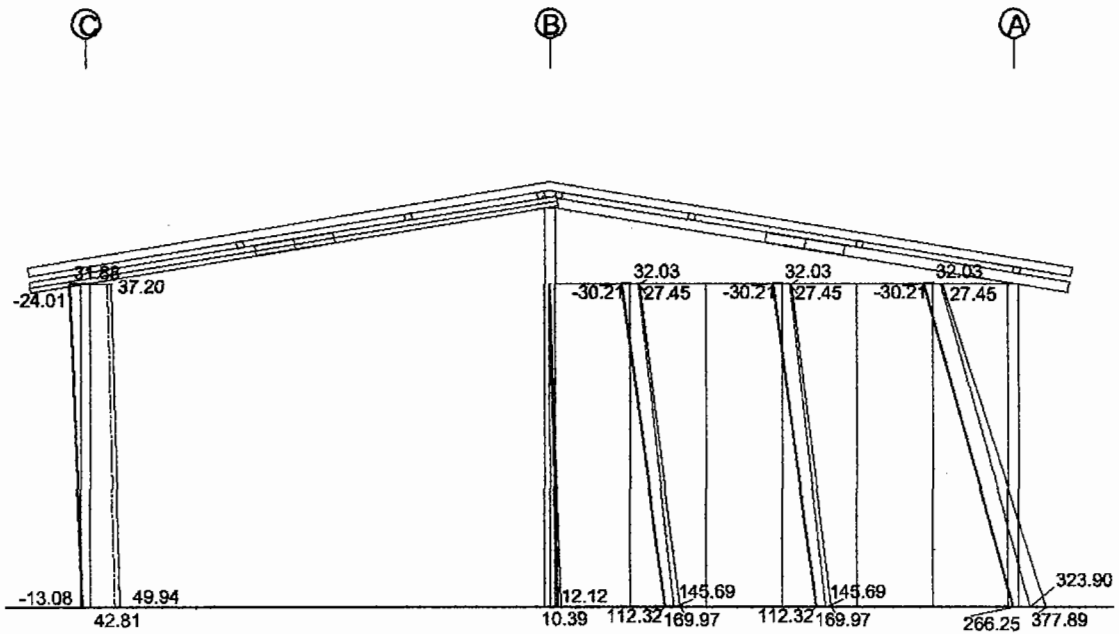


#### 4.3.1.3. Carga vertical

Los diagramas de esta sección se presentan con unidades de kilogramos (kg), los ubicados hacia la izquierda representan fuerzas negativas o hacia arriba; hacia la derecha fuerzas positivas o hacia abajo.

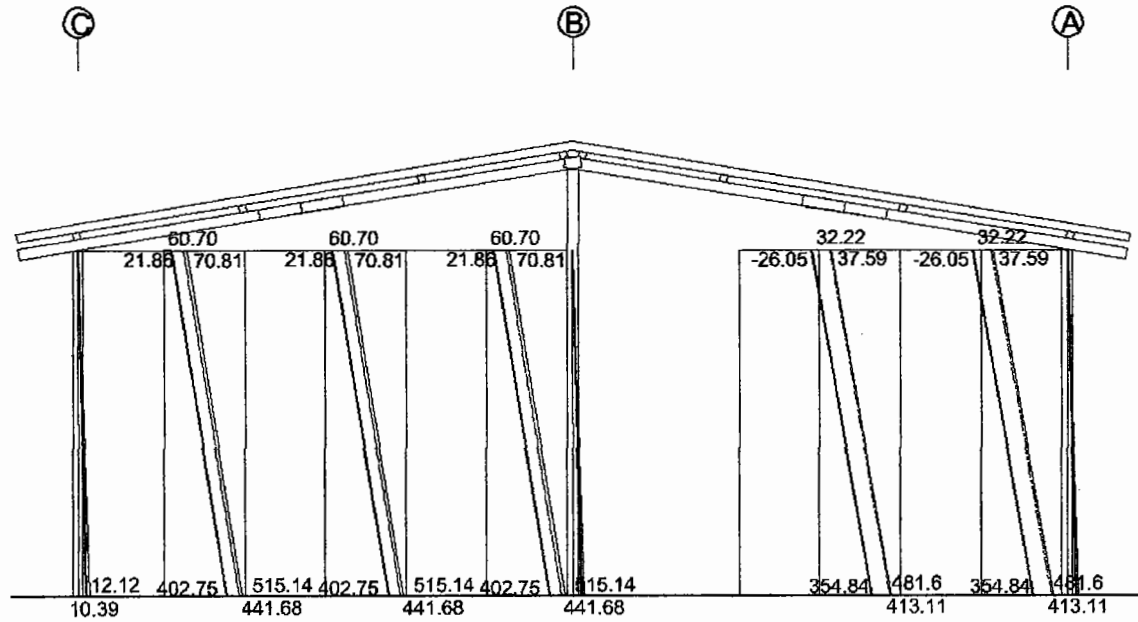
La figura 128 presenta la envolvente de carga vertical del eje "1", para las tres combinaciones seleccionadas.

**Figura 128 Envolvente de carga vertical para el eje "1"**



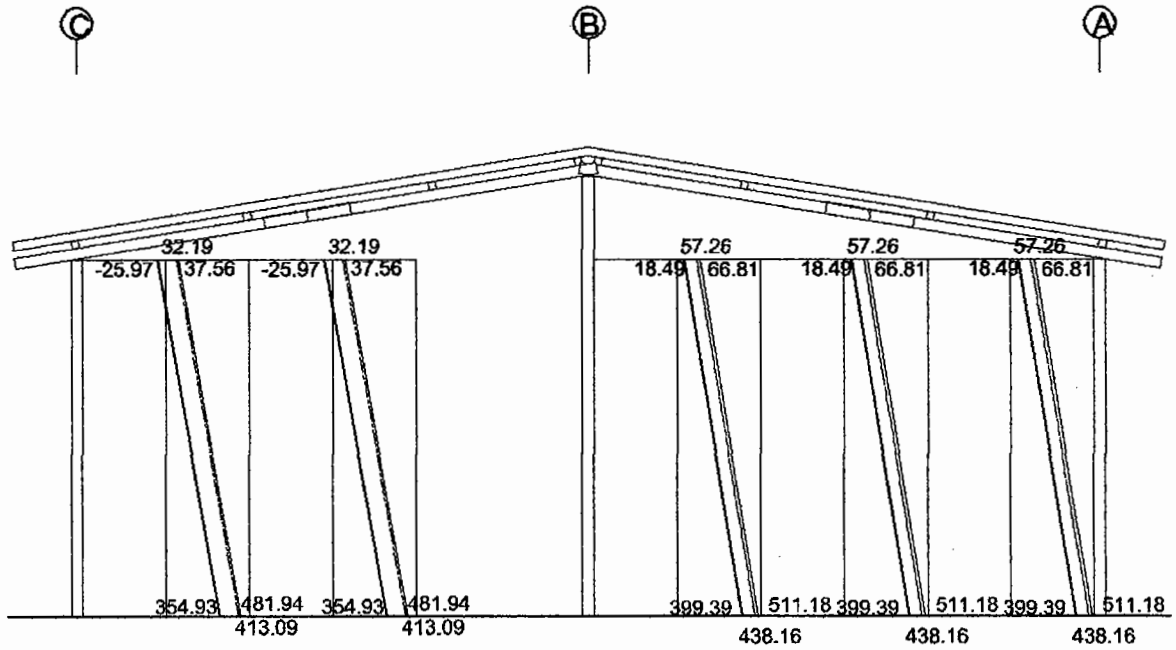
La figura 129 presenta la envolvente de carga vertical del eje "2", para las tres combinaciones seleccionadas.

**Figura 129 Envolvente de carga vertical para el eje "2"**



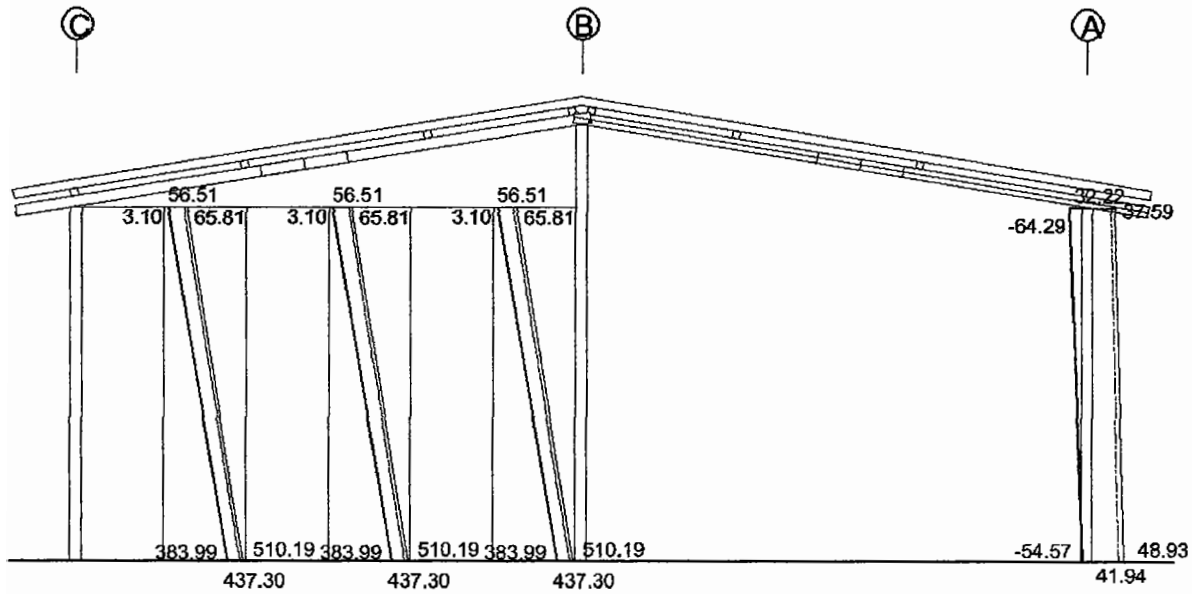
La figura 130 presenta la envolvente de carga vertical del eje "3", para las tres combinaciones seleccionadas.

**Figura 130 Envolvente de carga vertical para el eje "3"**



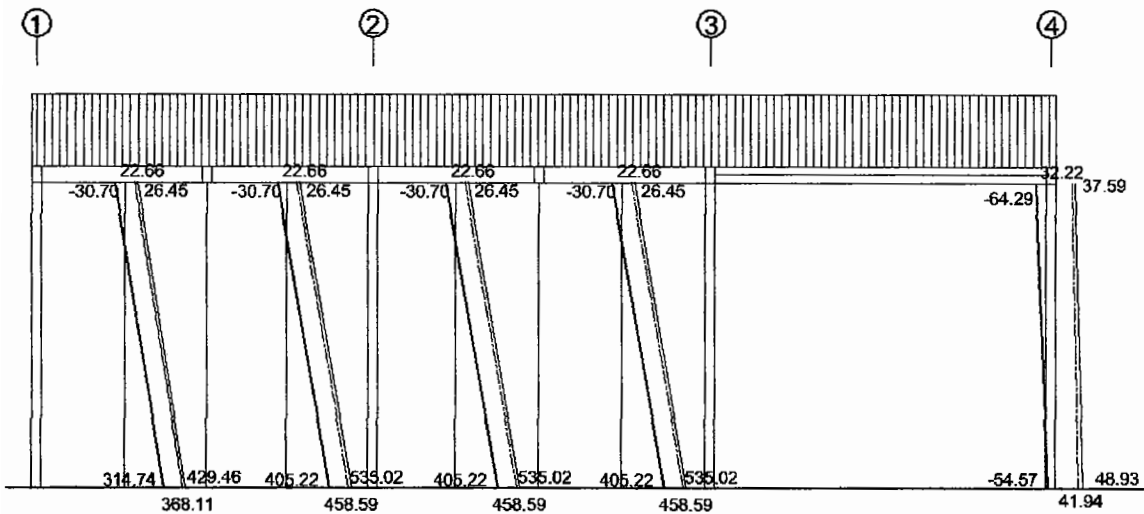
La figura 131 presenta la envolvente de carga vertical del eje "4", para las tres combinaciones seleccionadas.

**Figura 131 Envolvente de carga vertical para el eje "4"**



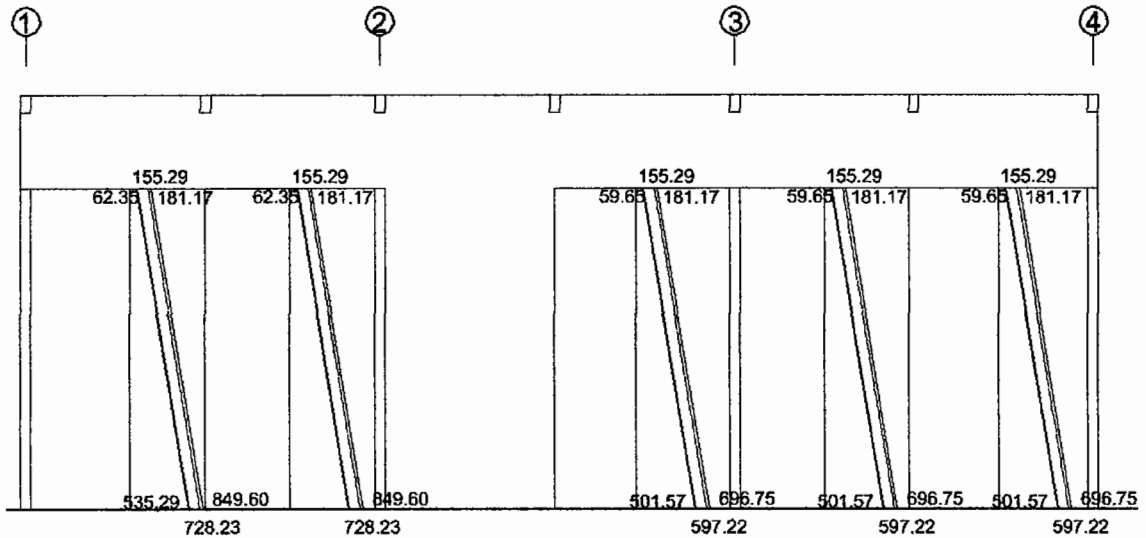
La figura 132 presenta la envolvente de carga vertical del eje "A", para las tres combinaciones seleccionadas.

**Figura 132 Envolvente de carga vertical para el eje "A"**



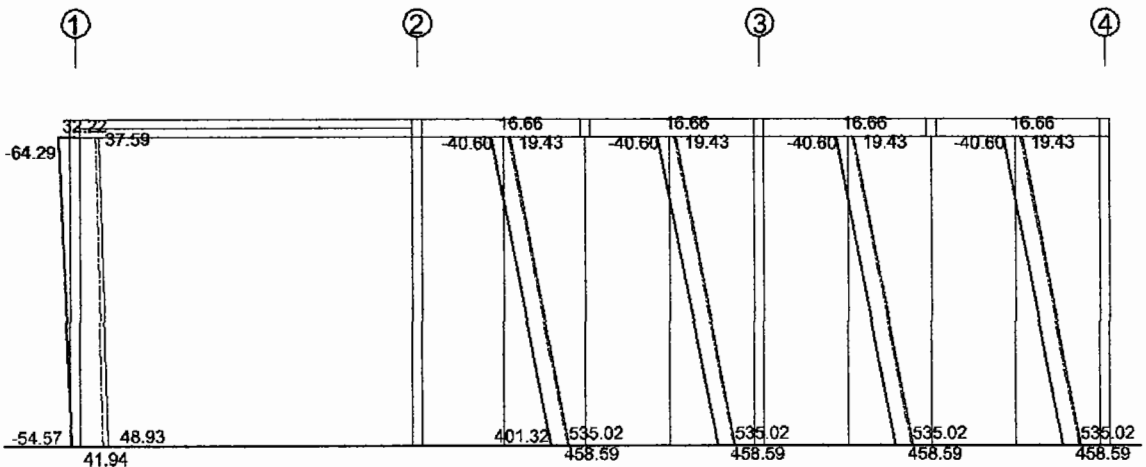
La figura 133 presenta la envolvente de carga vertical del eje "B", para las tres combinaciones seleccionadas.

**Figura 133 Envolvente de carga vertical para el eje "B"**



La figura 134 presenta la envolvente de carga vertical del eje "C", para las tres combinaciones seleccionadas.

**Figura 134 Envolvente de carga vertical para el eje "C"**







## 5. ANÁLISIS DE RESULTADOS

### 5.1. Capacidad de elementos

La capacidad de los elementos estructurales del albergue modelo "VERSÁTIL" se comprueba al utilizar la norma AF&PA/ASCE 16-95 "*Manual de LRFD para Construcciones en Madera*". La ecuación básica a utilizar es la 1.4-1 de dicha norma:

$$R_u = \lambda \phi R'$$

Los valores de  $\phi$  se encuentran en la tabla 1.4-1 de la norma y los valores de  $\lambda$  en la tabla 1.4-2. En valor  $R'$  se calcula de acuerdo a la ecuación 2.5-1:

$$R' = RC_1C_2 \dots C_n$$

Los distintos tipos de parámetros  $C$  a utilizar se muestran en la Tabla 2.6-1 y sus valores dependen del material utilizado y la configuración de la estructura y estos se encuentra en el capítulo 5 de la norma AF&PA 16-95.

Considerando que  $\lambda$  varía de acuerdo al tipo de combinación a utilizar, se hace necesario evaluar las combinaciones 1 y 2 para tendales y vigas, y las tres combinaciones para columnas.

### 5.1.1. Tendales

Los tendales son miembros prismáticos de madera de pino con una sección de 2"X2" (5.08cmX5.08cm).

#### 5.1.1.1. Corte

El corte máximo, conforme a la combinación 1, para los tendales se encuentra en el tendal ubicado entre los ejes "2" y "3" y tiene un valor de 6.72 Kg. Es necesario utilizar la ecuación 5.2-2 del código AF&PA/ASCE 16-95 como sigue:

$$V_u \leq \lambda \phi_v V'$$

Donde el valor de  $\lambda$  es igual a 0.6, el valor de  $\phi_v$  es igual a 0.75 y el valor de  $V'$  se determina conforme a la siguiente expresión:

$$V' = V = F_v b h$$

$F_v$  se toma de la Tabla I, de este trabajo de graduación, y tiene un valor de 17 Kg/cm<sup>2</sup> paralelo a la fibra de la madera.

$$V' = \left( 17 \text{ Kg/cm}^2 \right) (5.08 \text{ cm})(5.08 \text{ cm})$$

$$V' = 438.71 \text{ Kg}$$

La verificación de la ecuación 5.2-2 del código AF&PA/ASCE 16-95 es igual a:

$$6.72 \text{ Kg} \leq (0.6)(0.75)(438.71 \text{ Kg})$$

$$6.72 \text{ Kg} \leq 197.42 \text{ Kg}$$

El valor máximo de corte para la combinación 2 se encuentra en el tendal ubicado entre los ejes "2" y "3", y el valor es de 18.95 Kg, para este caso únicamente se altera el valor de  $\lambda$  que ahora es igual a 1.

La verificación del cumplimiento de la ecuación 5.2-2 del código AF&PA/ASCE 16-95 es igual a como se muestra:

$$18.95 \text{ Kg} \leq (1)(0.75)(438.71 \text{ Kg})$$

$$18.95 \text{ Kg} \leq 329.03 \text{ Kg}$$

#### 5.1.1.2. Momento

El máximo momento para la combinación 1 se encuentra en el tendal ubicado entre los ejes "2" y "3", y tiene un valor de 1.81 Kg-m equivalente a 181 Kg-cm. Es necesario cumplir con lo establecido en la ecuación 5.1-1 del código AF&PA/ASCE 16-95 como sigue:

$$M_u \leq \lambda \phi_b M'$$

El valor de  $\lambda$  es igual a 0.6 y el valor de  $\phi_b$  es igual a 0.85; el valor de  $M'$  se calcula como sigue:

$$M' = C_r C_F C_l C_f M$$

El valor de  $C_r$  es igual a 1.15 por el armado utilizado en la estructura portante del albergue, el valor  $C_f$  es igual a 1.4 por ser los tendales de sección regular prismática,  $C_i$  es igual a 1 para la estabilidad necesaria para vigas y  $C_F$  no tiene efecto para este caso por lo cual se asume igual a 1. El valor de  $M$  se calcula al utilizar la resistencia a la flexión  $F_b$  que se presenta en la Tabla I, de este trabajo de graduación, como sigue:

$$M = \frac{F_b b h^2}{6}$$

$$M = \frac{\left(170 \frac{Kg}{cm^2}\right) (5.08 \text{ cm})(5.08 \text{ cm})^2}{6}$$

$$M = 3714.40 \text{ Kg} - \text{cm}$$

El valor de  $M'$  es igual a:

$$M' = (1.15)(1)(1)(1.4)(3714.40 \text{ Kg} - \text{cm})$$

$$M' = 5980.19 \text{ Kg} - \text{cm}$$

La verificación de la ecuación 5.1-1 del código AF&PA/ASCE 16-95, se muestra a continuación:

$$181 \text{ Kg} - \text{cm} \leq (0.6)(0.85)(5980.19 \text{ Kg} - \text{cm})$$

$$181 \text{ Kg} - \text{cm} \leq 3049.40 \text{ Kg} - \text{cm}$$

Para la combinación 2 el valor de momento máximo es igual a 5.08 kg-m equivalente a 508 Kg-cm valor ubicado en el tendal entre los ejes "2" y "3", el valor  $M'$  y  $\phi$  se mantienen sin alteración y  $\lambda$  se toma igual a 1. La verificación de la ecuación 5.1-1 del código AF&PA/ASCE 16-95 se muestra a continuación:

$$508 \text{ Kg} - \text{cm} \leq (1)(0.85)(5980.19 \text{ Kg} - \text{cm})$$

$$508 \text{ Kg} - \text{cm} \leq 5083.16 \text{ Kg} - \text{cm}$$

### 5.1.2. Vigas

Las vigas son miembros prismáticos de madera de pino con sección de 3"X1½" (7.62cmX3.81cm).

#### 5.1.2.1. Corte

El corte máximo, conforme a la combinación 1, para las vigas se encuentra en la viga ubicada entre los ejes "2" y "3" y tiene un valor de 31.14 Kg. Es necesario utilizar la ecuación 5.2-2 del código AF&PA/ASCE 16-95 como sigue:

$$V_u \leq \lambda \phi_v V'$$

Donde el valor de  $\lambda$  es igual a 0.6, el valor de  $\phi_v$  es igual a 0.75 y el valor de  $V'$  se determina conforme a la siguiente expresión:

$$V' = V = F_v b h$$

$F_v$  se toma de la Tabla I, de este trabajo de graduación, y tiene un valor de 17 Kg/cm<sup>2</sup> paralelo a la fibra de la madera.

$$V' = \left( 17 \text{ Kg/cm}^2 \right) (7.62 \text{ cm})(3.81 \text{ cm})$$

$$V' = 493.55 \text{ Kg}$$

La verificación de la ecuación 5.2-2 del código AF&PA/ASCE 16-95 es igual a:

$$31.14 \text{ Kg} \leq (0.6)(0.75)(493.55 \text{ Kg})$$

$$31.14 \text{ Kg} \leq 222.40 \text{ Kg}$$

El valor máximo de corte para la combinación 2 se encuentra en la viga ubicada entre los ejes "2" y "3", y el valor es de 109.26 Kg., para este caso únicamente se altera el valor de  $\lambda$  que ahora es igual a 1.

La verificación del cumplimiento de la ecuación 5.2-2 del código AF&PA/ASCE 16-95 es igual a como se muestra:

$$109 - 26 \text{ Kg} \leq (1)(0.75)(493.55 \text{ Kg})$$

$$109.26 \text{ Kg} \leq 370.16 \text{ Kg}$$

#### **5.1.2.2. Momento**

El máximo momento para la combinación 1 se encuentra en la viga ubicada sobre el eje "A" entre los ejes "3" y "4", y tiene un valor de 21.70 Kg-m equivalente a 2170 Kg-cm. Es necesario cumplir con lo establecido en la ecuación 5.1-1 del código AF&PA/ASCE 16-95 como sigue:

$$M_u \leq \lambda \phi_b M'$$

El valor de  $\lambda$  es igual a 0.6 y el valor de  $\phi_b$  es igual a 0.85; el valor de  $M'$  se calcula como sigue:

$$M' = C_r C_F C_l C_f M$$

El valor de  $C_r$  es igual a 1.15 por el armado utilizado en la estructura portante del albergue, el valor  $C_f$  es igual a 1.4 por ser los tendales de sección regular prismática,  $C_l$  es igual necesario para la estabilidad de una viga y  $C_F$  no tiene efecto para este caso por lo cual se asume igual a 1. El valor de  $M$  se calcula al utilizar la resistencia a la flexión  $F_b$  que se muestra en la Tabla I como sigue:

$$M = \frac{F_b b h^2}{6}$$
$$M = \frac{\left(170 \frac{Kg}{cm^2}\right) (3.81 \text{ cm})(7.62 \text{ cm})^2}{6}$$
$$M = 6268.05 \text{ Kg} - \text{cm}$$

El valor de  $M'$  es igual a:

$$M' = (1.15)(1)(1)(1.4)(6268.05 \text{ Kg} - \text{cm})$$
$$M' = 10091.56 \text{ Kg} - \text{cm}$$

La verificación de la ecuación 5.1-1 del código AF&PA/ASCE 16-95, se muestra a continuación:

$$2170 \text{ Kg} - \text{cm} \leq (0.6)(0.85)(10091.56 \text{ Kg} - \text{cm})$$
$$2170 \text{ Kg} - \text{cm} \leq 5146.70 \text{ Kg} - \text{cm}$$



Para la combinación 2 el valor de momento máximo es igual a 43.14 kg-m equivalente a 4314 Kg-cm valor ubicado en la viga sobre el eje "A" entre los ejes "3" y "4", el valor  $M'$  y  $\phi$  se mantienen sin alteración y  $\lambda$  se toma igual a 1. La verificación de la ecuación 5.1-1 del código AF&PA/ASCE 16-95 se muestra a continuación:

$$4314 \text{ Kg} - \text{cm} \leq (1)(0.85)(10091.56 \text{ Kg} - \text{cm})$$
$$4314 \text{ Kg} - \text{cm} \leq 8577.83 \text{ Kg} - \text{cm}$$

### 5.1.3. Columnas

Las columnas utilizadas son miembros prismáticos de madera de pino con sección de 3"X3" (7.62 cm X 7.62 cm), existen únicamente dos columnas no confinadas por los paneles ubicadas en los ejes "C" y "1", y "A" y "4". La relación de esbeltez es de 227.47 superando el máximo permitido en la sección 4.2.2 del código AF&PA/ASCE 16-95 que la establece en 175. Las propiedades utilizadas en esta sección son las mostradas en la Tabla I, de este trabajo de graduación.

La carga de compresión crítica de lado, al utilizar la ecuación de Euler, se estima en 658.97 Kg. para la combinación 1 y en 1098 Kg. para las combinaciones 2 y 3; la carga crítica sin factores tiene un valor 1220.33 Kg.

#### 5.1.3.1. Corte

La columna crítica a considerar es la ubicada en los ejes "1" y "C" y únicamente la combinación 2 y la combinación 3 presentan corte en esta columna. El valor de este corte para la combinación 2 es de 16.43 Kg.

Es necesario cumplir con la 5.2-2 del código AF&PA/ASCE 16-95.

$$V_u \leq \lambda \phi_v V'$$

Donde el valor de  $\lambda$  es igual a 1, el valor de  $\phi_v$  es igual a 0.75 y el valor de  $V'$  se determina conforme a la siguiente expresión:

$$V' = V = F_v b h$$
$$V' = \left( 17 \frac{Kg}{cm^2} \right) (7.62 \text{ cm}) (7.62 \text{ cm})$$
$$V' = 987.09 \text{ Kg}$$

La verificación de la ecuación 5.2-2 del código AF&PA/ASCE 16-95 es igual a:

$$16.43 \text{ Kg} \leq (1)(0.75)(987.09 \text{ Kg})$$
$$16.43 \text{ Kg} \leq 740.32 \text{ Kg}$$

El valor máximo de corte en la combinación 3 es de 7.35 Kg, al igual que la verificación anterior todos los parámetros y resistencia ajustada, por lo que el cumplimiento de la ecuación 5.2-2 se resume en la siguiente expresión:

$$7.35 \text{ Kg} \leq 740.32 \text{ Kg}$$

### 5.1.3.2. Flexo-compresión

Para la flexo-compresión se utiliza la ecuación 6.3-1 de la norma AF&PA/ASCE 16-95 y los factores C no tiene efecto para este caso en particular puesto que son para pilares circulares de madera. Se utilizarán para esta revisión los esfuerzos normales.

$$\left(\frac{P_u}{\lambda\phi_c P'}\right)^2 + \frac{M_{mx}}{\lambda\phi_b M'_x} + \frac{M_{my}}{\lambda\phi_b M'_y} \leq 1.0$$

Para el cálculo de los momentos mayorados por los efectos de segundo debe hacerse con las ecuaciones 6.3-2 y 6.3-3 de la norma AF&PA/ASCE 16-95.

$$M_{mx} = B_{bx}M_{bx} + B_{sx}M_{sx}$$
$$M_{my} = B_{by}M_{by} + B_{sy}M_{sy}$$

La combinación que presenta los efectos de flexo compresión crítica es la combinación 3, y el procedimiento para verificar el cumplimiento de la ecuación 6.3-1, de la norma AF&PA/ASCE 16-95, se muestra a continuación:

Para determinar  $B_{bx}$  es necesario utilizar la ecuación 6.3-4, de la norma AF&PA/ASCE 16-95, y este valor no debe ser tomado menor a la unidad,  $C_m$  se toma por criterio al ser un sistema que no impide la rotación de la sección.

$$B_{bx} = \frac{C_m}{1 - \frac{P_u}{\phi_c P_{ex}}} \geq 1.0$$

$$B_{bx} = \frac{1.0}{1 - \frac{42.80 \text{ Kg}}{(0.90)(1220.33 \text{ Kg})}} \geq 1.0$$

$$B_{bx} = 1.04 \geq 1.0$$

Para determinar  $B_{by}$  es necesario utilizar la ecuación 6.3-4, de la norma AF&PA/ASCE 16-95 y este valor no debe ser tomado menor a la unidad, Cm se toma por criterio al ser un sistema que no impide la rotación de la sección.

$$B_{by} = \frac{C_m}{1 - \frac{P_u}{\phi_c P_{ey}} - \left( \frac{M_{ux}}{\phi_b M_e} \right)^2} \geq 1.0$$

$$B_{by} = \frac{1}{1 - \frac{42.80 \text{ Kg}}{(0.90)(1220.33 \text{ Kg})} - \left( \frac{15.64 \text{ Kg} - m}{(0.85)(125.36 \text{ Kg} - m)} \right)^2} \geq 1.0$$

$$B_{by} = 1.07 \geq 1.0$$

El valor de  $B_{sx}$  y  $B_{sy}$  es el mismo, dado que la columna es de sección cuadrada, para lo cual se utiliza las ecuaciones 6.3-6 y 6.3-7, de la norma AF&PA/ASCE 16-95 que dan el mismo valor numérico.

$$B_{sx} = B_{sy} = \frac{1}{1 - \frac{\sum P_u}{\phi_c \sum P_e}} \geq 1.0$$

$$B_{sx} = B_{sy} = \frac{1}{1 - \frac{42.80 \text{ Kg}}{(0.90)(1220.33 \text{ Kg})}} \geq 1.0$$

$$B_{sx} = B_{sy} = 1.04 \geq 1.0$$

Las ecuaciones 6.3-2 y 6.3-3, de la norma AF&PA/ASCE 16-95, dan los siguientes valores de momentos mayorados para la columna bajo verificación.

$$M_{mx} = (1.04)(16.31 \text{ Kg} - \text{cm}) + (1.04)(1764 \text{ Kg} - \text{cm})$$

$$M_{mx} = 1851.52 \text{ Kg} - \text{cm}$$

$$M_{my} = (1.07)(16.31 \text{ Kg} - \text{cm}) + (1.04)(1764 \text{ Kg} - \text{cm})$$

$$M_{my} = 1852.01 \text{ Kg} - \text{m}$$

Para determinar  $P'$  y  $M'$  en la dos direcciones se utilizan las siguientes expresiones.

$$P' = AF_c$$

$$P' = (7.62 \text{ cm})(7.62 \text{ cm}) \left( 76 \frac{\text{Kg}}{\text{cm}^2} \right)$$

$$P' = 4412.89 \text{ Kg}$$

$$M'_x = M'_y = M' = \frac{F_b b h^2}{6}$$

$$M' = \frac{\left( 170 \frac{\text{Kg}}{\text{cm}^2} \right) (7.62 \text{ cm})(7.62 \text{ cm})^2}{6}$$

$$M' = 12536.10 \text{ Kg} - \text{cm} = 125.36 \text{ Kg} - \text{m}$$

La verificación de la ecuación 6.1-1, de la norma AF&PA/ASCE 16-95, de la columna crítica bajo verificación se muestra a continuación.

$$\left( \frac{42.80 \text{ Kg}}{(1.0)(0.90)(4412.89 \text{ Kg})} \right)^2 + \frac{1851.52 \text{ Kg} - \text{cm}}{(1)(0.85)(12536.10 \text{ kg} - \text{cm})} + \frac{1852.01 \text{ Kg} - \text{cm}}{(1)(0.85)(12536.10 \text{ Kg} - \text{cm})} \leq 1.0$$

$$0.34 \leq 1.0$$

## 5.1.4. Paneles

### 5.1.4.1. Corte

La combinación 3, la combinación crítica para todos los paneles, es la aplicable para verificar la ecuación 1.4-1, de la norma AF&PA/ASCE 16-95, determinando  $R'$  como los valores máximos obtenidos en los ensayos realizados a los paneles, información mostrada en el capítulo 3, de este trabajo de graduación, y los parámetros  $C_G$  es igual a 1.0 y el factor de  $\lambda$  tiene un valor de 1.0 y el factor  $\phi$  tiene un valor de 0.75.

En el panel PET/Mortero se verifica el cumplimiento de la ecuación 1.4-1, de la norma AF&PA/ASCE 16-95, con un corte máximo de 152.93 Kg, como se muestra:

$$152.93 \text{ Kg} \leq (1)(0.75)(281.79 \text{ Kg})$$
$$152.93 \text{ Kg} \leq 211.34 \text{ Kg}$$

En el panel OSB se verifica el cumplimiento de la ecuación 1.4-1, de la norma AF&PA/ASCE 16-95, con un corte máximo de 83.99 Kg, como se muestra:

$$83.99 \text{ Kg} \leq (1)(0.75)(248.69 \text{ Kg})$$
$$83.99 \text{ Kg} \leq 186.50 \text{ Kg}$$

En el panel bajareque se verifica el cumplimiento de la ecuación 1.4-1, de la norma AF&PA/ASCE 16-95, con un corte máximo de 181.40 Kg, como se muestra:

$$181.40 \text{ Kg} \leq (1)(0.75)(315.61 \text{ Kg})$$

$$181.40 \text{ Kg} \leq 236.71 \text{ Kg}$$

En el panel coco/suelo se verifica el cumplimiento de la ecuación 1.4-1, de la norma AF&PA/ASCE 16-95, con un corte máximo de 42.78 Kg, como se muestra:

$$42.78 \text{ Kg} \leq (1)(0.75)(286.91 \text{ Kg})$$

$$42.78 \text{ Kg} \leq 215.18 \text{ Kg}$$

#### **5.1.4.2. Carga vertical**

La combinación 1, la combinación crítica para todos los paneles, es la aplicable para verificar la ecuación 1.4-1, de la norma AF&PA/ASCE 16-95, determinando R' como los valores máximos obtenidos en los ensayos realizados a los paneles, información mostrada en el capítulo 3, de este trabajo de graduación, y los parámetros C<sub>G</sub> es igual a 1.0 y el factor de λ tiene un valor de 0.6 y el factor φ tiene un valor de 0.75. El valor máximo de carga se toma en la base de cada panel, es decir que incluye su peso propio.

En el panel PET/mortero se verifica el cumplimiento de la ecuación 1.4-1, de la norma AF&PA/ASCE 16-95, con una carga máxima de 696.75 Kg, como se muestra:

$$696.75 \text{ Kg} \leq (0.6)(0.9)(10886.21 \text{ Kg})$$

$$696.75 \text{ Kg} \leq 5878.55 \text{ Kg}$$

En el panel OSB se verifica el cumplimiento de la ecuación 1.4-1, de la norma AF&PA/ASCE 16-95, con una carga máxima de 169.97 Kg, como se muestra:

$$169.97 \text{ Kg} \leq (0.6)(0.9)(4989.51 \text{ Kg})$$
$$169.97 \text{ Kg} \leq 2694.33 \text{ Kg}$$

En el panel bajareque se verifica el cumplimiento de la ecuación 1.4-1, de la norma AF&PA/ASCE 16-95, con una carga máxima de 849.60 Kg, como se muestra:

$$849.60 \text{ Kg} \leq (0.6)(0.9)(10886.21 \text{ Kg})$$
$$849.60 \text{ Kg} \leq 5878.55 \text{ Kg}$$

En el panel coco/suelo se verifica el cumplimiento de la ecuación 1.4-1, de la norma AF&PA/ASCE 16-95, con una carga máxima de 429.46 Kg, como se muestra:

$$429.46 \text{ Kg} \leq (0.6)(0.9)(10886.21 \text{ Kg})$$
$$429.46 \text{ Kg} \leq 5878.55 \text{ Kg}$$

## **5.2. Deltas permisibles**

Los deltas o deformaciones máximos permisibles son los establecidos por el Código Uniforme de Construcción de 1997 (UBC-97) establecidos en el capítulo 16 en el volumen 2.



### **5.2.1. Tendales**

La deflexión se debe comparar con la ecuación mostrada en la tabla 16-E y 16-D, y específicamente para este caso no exceder de  $3.72 \times 10^{-3}$  metros y la deformación máxima de los tendales es de  $2.11 \times 10^{-4}$  metros para la combinación 1 y de  $5.76 \times 10^{-4}$  metros para la combinación 3.

Al considerar los datos anteriores se puede concluir que se cumple con las deflexiones máximas permisibles para las combinaciones consideradas.

### **5.2.2. Vigas**

La deflexión se debe comparar con la ecuación mostrada en la tabla 16-E y 16-D, y específicamente para este caso no exceder de  $9.89 \times 10^{-3}$  metros y la deformación máxima de los tendales es de  $1.31 \times 10^{-2}$  metros para la combinación 1 y de  $3.32 \times 10^{-2}$  metros para la combinación 3.

Al considerar los datos anteriores se puede concluir que se incumple con las deflexiones máximas permisibles para las combinaciones consideradas.

### **5.2.3. Paneles**

La principal deformación a considerar es la deriva de piso de los paneles, comparado con un valor máximo de 0.006 metros de acuerdo con la 1633.2.4 definido como 0.0025 veces la altura del piso. La tabla XXVIII muestra la deriva en metros para los paneles ubicados en los distintos ejes de la construcción.

**Tabla XXVIII Deriva de paneles**

<b>Eje</b>	<b>Deriva (m)</b>	<b>Observación</b>
1	0.02566	
2	0.00284	Entre ejes CB
	0.00284	Entre ejes BA
3	0.00291	Entre ejes CB
	0.00303	Entre ejes BA
4	0.00270	
A	0.00307	
B	0.04110	Entre ejes 12
	0.00296	Entre ejes 24
C	0.00241	

De la tabla anterior se puede ver que el eje "1" y el eje "B" entre "1" y "2", no cumplen con el parámetro máximo establecido, los demás paneles ubicados en los demás ejes cumplen con el máximo establecido.

### **5.3. Evaluación de elementos**

Los elementos utilizados para elaborar los tendales, secciones de madera de 2"X2", cumplen con todos los parámetros de evaluación requeridos y es aceptable de acuerdo con las normas UBC-97 y AF&PA/ASCE 16-95.

Las vigas de 3"X1½" poseen la capacidad necesaria para resistir las acciones y reacciones solicitadas, según UBC-97 y AF&PA/ASCE 16-95, sin embargo la deflexión de las mismas sobrepasan los parámetros de deflexión establecidos por el UBC-97.

Las columnas de 3"X3" ubicadas en el albergue cumple con todos los requerimientos del código UBC-97 y AF&PA/ASCE 16-95 en capacidad estructural, pero su esbeltez, al utilizar el factor  $\frac{kl}{r}$ , sobrepasa el valor máximo de 175 que fija el código AF&PA/ASCE 16-95, pero tiene suficiente capacidad estructural.

Los paneles de PET/mortero cumplen a cabalidad con todas las normas utilizadas para evaluar la construcción y su comportamiento es satisfactorio; los paneles de OSB tiene la capacidad estructural necesaria, pero incumplen con la deriva máxima permisible; los paneles de bajareque al igual que los paneles de OSB sobrepasan el valor de la deriva máxima permisible y resultan ser el panel más pesado utilizado en la construcción; el panel de coco/suelo igualmente a los paneles de OSB y bajareque cumple con la capacidad estructural pero incumple con la deriva máxima permisible, pero los paneles de OSB y coco/suelo se encuentran construidos con paneles de otro tipo en el mismo eje.

#### **5.4. Evaluación de la construcción, de acuerdo con AGIES Y FHA**

De conformidad con la Asociación Guatemalteca de Ingeniería Estructural y Sísmica (AGIES), al igual que el Código Uniforme de Construcción de 1997 (UBC-97), el fin básico es proveer suficiente capacidad de resistir, las acciones solicitadas es preservar la vida de los ocupantes de dicha edificación y la prohibición a la falla o colapso total de la estructura luego de ocurrido el evento crítico para el cual fue diseñado.

AGIES establece las acciones producidas por el viento como un evento meteorológico; y conforme a la edición de las normas para el año 2000 esta sección se encuentra pendiente de ser elaborada.

Para el sismo la norma AGIES NR 2:2000 establece que el sismo de servicio para diseño, al utilizar una protección C1, y suelo S3 conforme a la sección 3.3.3.3; la ciudad de Guatemala figura en la zona 4.2 de la norma de acuerdo con figura 3.1, lo que significa que el factor de importancia asignado es igual a 4, de acuerdo con el tipo de suelo se tiene un valor de aceleración máxima del terreno de 0.40g y una aceleración máxima de sismo frecuente de 0.20g y periodo de vibración para el suelo  $T_a$  de 0.12 y  $T_b$  de 0.10, por último un factor de amplificación de valor 2.5; al aplicar la ecuación 3.3 de norma anteriormente descrita, el porcentaje de carga muerta utilizado para calcular los efectos del sismo es de 100%, contra un 20% utilizado en el capítulo 4.

La norma AGIES NR 3:2000 establece las deflexiones y derivas máximas permisibles de la misma forma en que lo hace el UBC-97, código que se utilizó para verificar este parámetro estructural.

Los métodos de diseño de AGIES expuestos en la norma AGIES NR 3:2000 son el método de esfuerzos permisibles y el método de resistencia última, conocido como "LRFD", el cual se utilizó en el capítulo 4 y la sección 5.1, por lo tanto el método utilizado es aceptado. AGIES no ha desarrollado en su edición del año 2000 de sus normas, una norma específica para el diseño en madera, lo cual implica que la utilización de la norma AF&PA/ASCE 16-95 es aceptada.

En tanto que la norma de Fomento de Hipotecas Aseguradas (FHA) “Normas de Planificación y Construcción para Casos Proyectados” establece que para que una obra sea sujeta a crédito hipotecario ofrecido, se deberá tener condiciones estructurales satisfactorias que garanticen duración prolongada con un bajo costo de mantenimiento y resistencia al uso y los elementos.

FHA establece que el código de construcción a utilizar será el establecido por la municipalidad o institución que rija en el lugar donde se realizará la obra, por lo que la utilización de normas UBC-97 y AF&PA/ASCE 16-95 son aceptables, pero FHA solicita mano de obra de óptima calidad, punto conflictivo con el método de construcción ya que la utilización de mano de obra calificada no está contemplada.

Adicionalmente, FHA enfatiza en las dimensiones mínimas de construcción y permite que estas sean menores para poder llevar una solución habitacional al lugar donde sea requerida y al menor costo posible.

Por ser un sistema no tradicional en el medio guatemalteco, se deberá de presentar toda la documentación que FHA solicite para poder aprobar estos sistemas constructivos propuestos. Sin embargo, FHA no aprueba un caso aislado como el modelo propuesto por el proyecto de investigación CII/USAC/CONRED/INDIS/URL, sino es un proyecto donde todos los servicios, accesos y distribución del área sea de acuerdo con el uso por dársele; adicionalmente se debe cumplir con los códigos municipales del municipio donde se realice la construcción.

## **5.5. Aceptabilidad**

Una estructura no es aceptable si esta incumple con algún parámetro establecido en el o los códigos aplicables adoptados en el diseño y construcción de una estructura. Por lo que la estructura del modelo de albergue propuesto por el proyecto CII/URL/CONRED/INDIS/URL no cumple con la norma UBC-97, AF&PA/ASCE 16-95, AGIES NR 3:2000 y FHA en el punto específico de deflexiones y derivas que son excedidas por algunos elementos estructurales del sistema portante del techo y paneles. Adicionalmente, las columnas ubicadas en los patios externos no cumplen con la relación de esbeltez que fija el código AF&PA/ASCE 16-95. Al no existir una junta adecuada entre los paneles y columnas con la estructura del techo, existe el riesgo de un colapso total del techo y asimismo la posibilidad de causar mayores daños al ser esta estructura lanzada hacia otras estructuras existentes en las cercanías.

No obstante, existe suficiente capacidad estructural para resistir el corte, momento y carga vertical al que son sometidos todos los elementos que componen la estructura del albergue modelo "VERSÁTIL" del proyecto conjunto de investigación CII/URL/CONRED/INDIS/URL.

## **5.6. Costos de construcción**

Los costos de construcción para el modelo de albergue propuesto únicamente incluye materiales de construcción, no se contiene mano de obra ya que una de las ideas principales de la elaboración de este tipo de albergue es utilizar la mano de obra de las mismas personas que habitarán en el albergue, y no se añaden costos indirectos, porque estos varían de acuerdo con los impuestos para obtener licencias de construcción y honorarios del profesional de la ingeniería o arquitectura colegiado activo responsable.

Los costos aquí mostrados se consignan en quetzales, para el mes de abril de 2010, los costos de los materiales son precios a minoristas ofrecidos en la Ciudad de Guatemala para las características mencionadas en el capítulo 1, no se incluye el precio de los materiales reutilizados y del suelo para el recubrimiento, ya que los primeros son recolectados para evitar la contaminación en los lugares donde son arrojados y el suelo se utiliza el propio de lugar.

La tabla XXIX presenta la integración de costo unitario de la cimentación.

**Tabla XXIX Costo unitario cimentación**

1 - CIMENTACIÓN		Unidad	Metro	Cantidad	36.06
No.	Material	Unidad	Cantidad	Costo unitario	Costo
1	Block "U" .14X.19X.29	Unidad	100	Q 2.95	Q 295.00
2	Cemento UGC 4000 psi	Saco	40	Q 56.75	Q 2,270.00
3	Arena de rio	M <sup>3</sup>	2.5	Q 95.00	Q 237.50
4	Agregado grueso 3/4"	M <sup>3</sup>	3	Q 175.00	Q 525.00
Costo total					Q 3,327.50
Costo unitario					Q 92.28

La tabla XXX presenta la integración del costo unitario para la construcción de los paneles PET/mortero tipo 1 muro.

**Tabla XXX Costo unitario panel PET/mortero tipo 1 muro**

2.1 - PANEL PET/MORTERO TIPO 1 MURO		Unidad	Panel	Cantidad	8
No.	Material	Unidad	Cantidad	Costo unitario	Costo
1	Pino 3"X1 1/2"X9'10 5/64"	Pieza	16	Q 26.76	Q 428.16
2	Pino 3"X1 1/2"X4'3 61/64"	Pieza	8	Q 11.77	Q 94.16
3	Pino 3"X1 1/2"X4'1 5/64"	Pieza	24	Q 11.11	Q 266.64
4	Pino 3"X1 1/2"X1'3 23/32"	Pieza	32	Q 3.57	Q 114.24
5	Clavo 4"	Libra	2	Q 8.00	Q 16.00
6	Clavo 2 1/2"	Libra	3	Q 8.00	Q 24.00
7	Malla de gallinero de 1/2"	Metro	67	Q 18.00	Q 1,206.00
8	Caja de grapas de 1000 unidades	Caja	4	Q 12.00	Q 48.00
9	Alambre de amarre	Libra	4	Q 5.00	Q 20.00
10	Cemento UGC 4000 psi	Saco	23	Q 56.75	Q 1,305.25
11	Arena de rio	M <sup>3</sup>	2.5	Q 95.00	Q 237.50
Costo total					Q 3,759.95
Costo unitario					Q 469.99

La tabla XXXI presenta la integración del costo unitario para la construcción de los paneles PET/mortero tipo 2 muro.

**Tabla XXXI Costo unitario panel PET/mortero tipo 2 muro**

2.2 - PANEL PET/MORTERO TIPO 2 MURO		Unidad	Panel	Cantidad	9
No.	Material	Unidad	Cantidad	Costo unitario	Costo
1	Pino 3"X1 1/2"X9'10 5/64"	Pieza	18	Q 26.76	Q 481.68
2	Pino 3"X1 1/2"X3'8 7/8"	Pieza	9	Q 10.17	Q 91.53
3	Pino 3"X1 1/2"X3'5 3/4"	Pieza	27	Q 9.46	Q 255.42
4	Pino 3"X1 1/2"X1'3 23/32"	Pieza	32	Q 3.57	Q 114.24
5	Clavo 4"	Libra	2	Q 8.00	Q 16.00
6	Clavo 2 1/2"	Libra	3.25	Q 8.00	Q 26.00
7	Malla de gallinero de 1/2"	Metro	68	Q 18.00	Q 1,224.00
8	Caja de grapas de 1000 unidades	Caja	4.5	Q 12.00	Q 54.00
9	Alambre de amarre	Libra	4.5	Q 5.00	Q 22.50
10	Cemento UGC 4000 psi	Saco	22.5	Q 56.75	Q 1,276.88
11	Arena de rio	M <sup>3</sup>	2.5	Q 95.00	Q 237.50
Costo total					Q 3,799.75
Costo unitario					Q 422.19

La tabla XXXII presenta la integración del costo unitario para la construcción de los paneles PET/mortero tipo 1 ventana.



**Tabla XXXII Costo unitario panel PET/mortero tipo 1 ventana**

2.3 - PANEL PET/MORTERO TIPO 1 VENTANA		Unidad	Panel	Cantidad	1	
No.	Material	Unidad	Cantidad	Costo unitario	Costo	
1	Pino 3"X1 1/2"X9'10 5/64"	Pieza	2	Q 26.76	Q	53.52
2	Pino 3"X1 1/2"X4'3 61/64"	Pieza	1	Q 11.77	Q	11.77
3	Pino 3"X1 1/2"X4' 1 5/64"	Pieza	3	Q 11.11	Q	33.33
4	Pino 3"X1 1/2"X1'3 23/32"	Pieza	4	Q 3.57	Q	14.28
5	Pino 3"X1 1/2"X2'9 53/64"	Pieza	1	Q 7.67	Q	7.67
6	Clavo 4"	Libra	0.25	Q 8.00	Q	2.00
7	Clavo 2 1/2"	Libra	0.55	Q 8.00	Q	4.40
8	Caja de grapas de 1000 unidades	Caja	0.5	Q 12.00	Q	6.00
9	Malla de gallinero de 1/2"	Metro	6.7	Q 18.00	Q	120.60
10	Alambre de amarre	Libra	0.5	Q 5.00	Q	2.50
11	Cemento UGC 4000 psi	Saco	2	Q 56.75	Q	113.50
12	Arena de rio	M <sup>3</sup>	0.23	Q 95.00	Q	21.85
Costo total					Q	391.42
Costo unitario					Q	391.42

De acuerdo con los planos de construcción, este tipo de panel es construido solo con el espacio necesario para que posteriormente, los habitantes del albergue coloquen las ventanas que deseen, según su capacidad económica.

La tabla XXXIII presenta la integración del costo unitario para la construcción de los paneles PET/motero tipo 1 puerta.

**Tabla XXXIII Costo unitario panel PET/mortero tipo 1 puerta**

2.4 - PANEL PET/MORTERO TIPO 1 PUERTA		Unidad	Panel	Cantidad	1	
No.	Material	Unidad	Cantidad	Costo unitario	Costo	
1	Pino 3"X1 1/2"X9'10 5/64"	Pieza	2	Q 26.76	Q	53.52
2	Pino 3"X1 1/2"X4'3 61/64"	Pieza	1	Q 11.77	Q	11.77
3	Pino 3"X1 1/2"X4'1 5/64"	Pieza	2	Q 11.11	Q	22.22
4	Pino 3"X1 1/2"X1'3 23/32"	Pieza	3	Q 3.57	Q	10.71
5	Pino 3"X1 1/2"X1' 15/64"	Pieza	2	Q 2.77	Q	5.54
6	Pino 3"X1 1/2"X8'	Pieza	1	Q 21.76	Q	21.76
7	Clavo 4"	Libra	0.25	Q 8.00	Q	2.00
8	Clavo 2 1/2"	Libra	0.45	Q 8.00	Q	3.60
9	Caja de grapas de 1000 unidades	Caja	0.5	Q 12.00	Q	6.00
10	Malla de gallinero de 1/2"	Metro	4.65	Q 18.00	Q	83.70
11	Alambre de amarre	Libra	0.5	Q 5.00	Q	2.50
12	Cemento UGC 4000 psi	Saco	0.85	Q 56.75	Q	48.24
13	Arena de río	M <sup>3</sup>	0.1	Q 95.00	Q	9.50
Costo total					Q	281.06
Costo unitario					Q	281.06

De acuerdo con los planos de construcción, este tipo de panel es construido solo con el espacio necesario para que posteriormente, los habitantes del albergue coloquen las puertas que deseen, según su capacidad económica.

La tabla XXXIV presenta la integración del costo unitario para la construcción de los paneles PET/mortero tipo 2 ventana.

**Tabla XXXIV Costo unitario panel PET/mortero tipo 2 ventana**

2.5 - PANEL PET/MORTERO TIPO 2 VENTANA		Unidad	Panel	Cantidad		3
No.	Material	Unidad	Cantidad	Costo unitario	Costo	
1	Pino 3"X1 1/2"X9'10 5/64"	Pieza	6	Q 26.76	Q	160.56
2	Pino 3"X1 1/2"X3'8 7/8"	Pieza	3	Q 10.17	Q	30.51
3	Pino 3"X1 1/2"X3'5 3/4"	Pieza	9	Q 9.46	Q	85.14
4	Pino 3"X1 1/2"X1'3 23/32"	Pieza	6	Q 3.57	Q	21.42
5	Pino 3"X1 1/2"X2'9 27/32"	Pieza	3	Q 7.67	Q	23.01
6	Clavo 4"	Libra	0.75	Q 8.00	Q	6.00
7	Clavo de 2 1/2"	Libra	1.5	Q 8.00	Q	12.00
8	Malla de gallinero de 1/2"	Metro	16.8	Q 18.00	Q	302.40
9	Caja de grapas de 1000 unidades	Caja	1.5	Q 12.00	Q	18.00
10	Alambre de amarre	Libra	1.5	Q 5.00	Q	7.50
11	Cemento UGC 4000 psi	Saco	5	Q 56.75	Q	283.75
12	Arena de rio	M <sup>3</sup>	0.56	Q 95.00	Q	53.20
Costo total					Q 1,003.49	
Costo unitario					Q 334.50	

De acuerdo con los planos de construcción, este tipo de panel es construido solo con el espacio necesario para que posteriormente, los habitantes del albergue coloquen las ventanas que deseen, según su capacidad económica.

La tabla XXXV presenta la integración del costo unitario para la construcción de ls paneles PET/mortero tipo 2 puerta.

**Tabla XXXV Costo unitario panel PET/mortero tipo 2 puerta**

2.6 - PANEL PET/MORTERO TIPO 2 PUERTA		Unidad	Panel	Cantidad	1	
No.	Material	Unidad	Cantidad	Costo unitario	Costo	
1	Pino 3"X1 1/2"X9'10 5/64"	Pieza	2	Q 26.76	Q	53.52
2	Pino 3"X1 1/2"X3'8 7/8"	Pieza	1	Q 10.17	Q	10.17
3	Pino 3"X1 1/2"X3'5 3/4"	Pieza	2	Q 9.46	Q	18.92
4	Pino 3"X1 1/2"X1'3 23/32"	Pieza	3	Q 3.57	Q	10.71
5	Pino 3"X1 1/2"X8'	Pieza	1	Q 21.76	Q	21.76
6	Pino 3"1 1/2"X0'4 43/64"	Pieza	2	Q 1.07	Q	2.14
7	Clavo 4"	Libra	0.25	Q 8.00	Q	2.00
8	Clavo 2 1/2"	Libra	0.45	Q 8.00	Q	3.60
9	Malla de gallinero de 1/2"	Metro	4.25	Q 18.00	Q	76.50
10	Caja de grapas de 1000 unidades	Caja	0.5	Q 12.00	Q	6.00
11	Alambre de amarre	Libra	0.5	Q 5.00	Q	2.50
12	Cemento UGC 4000 psi	Saco	0.5	Q 56.75	Q	28.38
13	Arena de rio	M^3	0.06	Q 95.00	Q	5.70
Costo total					Q	241.90
Costo unitario					Q	241.90

De acuerdo con los planos de construcción, este tipo de panel es construido solo con el espacio necesario para que posteriormente, los habitantes del albergue coloquen las puertas que deseen, según su capacidad económica.

La tabla XXXVI presenta la integración del costo unitario para la construcción de los paneles OSB tipo 2 muro.

**Tabla XXXVI Costo unitario panel OSB tipo 2 muro**

2.7 - PANEL OSB TIPO 2 MURO		Unidad	Panel	Cantidad	1	
No.	Material	Unidad	Cantidad	Costo unitario	Costo	
1	Pino 3"X1 1/2"X9'10 5/64"	Pieza	2	Q 26.76	Q	53.52
2	Pino 3"X1 1/2"X3'8 7/8"	Pieza	1	Q 10.17	Q	10.17
3	Pino 3"X1 1/2"X3'3 23/64"	Pieza	3	Q 9.46	Q	28.38
4	Pino 3"X1 1/2"X1'3 23/32"	Pieza	4	Q 3.57	Q	14.28
5	Panel OSB	Panel	2	Q 135.00	Q	270.00
6	Clavo 4"	Libra	0.25	Q 8.00	Q	2.00
7	Clavo 2 1/2"	Libra	1.5	Q 8.00	Q	12.00
8	Cemento UGC 4000 psi	Saco	0.2	Q 56.75	Q	11.35
9	Arena de rio	M <sup>3</sup>	0.03	Q 95.00	Q	2.85
Costo Total					Q	404.55
Costo Unitario					Q	404.55

La tabla XXVII presenta la integración del costo unitario para la construcción de los paneles OSB tipo 2 ventana.

**Tabla XXXVII Costo unitario panel OSB tipo 2 ventana**

2.8 - PANEL OSB TIPO 2 VENTANA		Unidad	Panel	Cantidad	1	
No.	Material	Unidad	Cantidad	Costo unitario	Costo	
1	Pino 3"X1 1/2"X9'10 5/64"	Pieza	2	Q 26.76	Q	53.52
2	Pino 3"X1 1/2"X3' 8 7/8"	Pieza	1	Q 10.17	Q	10.17
3	Pino 3"X1 1/2"X3'5 3/4"	Pieza	3	Q 9.46	Q	28.38
4	Pino 3"X1 1/2"X1'3 23/32"	Pieza	4	Q 3.57	Q	14.28
5	Pino 3"X1 1/2"X2'9 53/64"	Pieza	1	Q 7.67	Q	7.67
6	Panel OSB	Panel	2	Q 135.00	Q	270.00
7	Clavo 4"	Libra	0.25	Q 8.00	Q	2.00
8	Clavo 2 1/2"	Libra	2	Q 8.00	Q	16.00
9	Cemento UGC 4000 psi	Saco	0.2	Q 56.75	Q	11.35
10	Arena de rio	M <sup>3</sup>	0.03	Q 95.00	Q	2.85
Costo total					Q	416.22
Costo unitario					Q	416.22

De acuerdo con los planos de construcción, este tipo de panel es construido solo con el espacio necesario para que posteriormente, los habitantes del albergue coloquen las ventanas que deseen, según su capacidad económica.

La tabla XXXVIII presenta la integración del costo unitario para la construcción de los paneles bajareque tipo 1 muro.

**Tabla XXXVIII Costo unitario panel bajareque tipo 1 muro**

2.9 - PANEL BAJAREQUE TIPO 1 MURO		Unidad	Panel	Cantidad	2
No.	Material	Unidad	Cantidad	Costo unitario	Costo
1	Pino 3"X1 1/2"X9'10 5/64"	Pieza	4	Q 26.76	Q 107.04
2	Pino 3"X1 1/2"X4'3 53/64"	Pieza	2	Q 11.77	Q 23.54
3	Pino 3"X1 1/2"X4'1 5/64"	Pieza	6	Q 11.11	Q 66.66
4	Pino 3"X1 1/2"X1'3 23/32"	Pieza	8	Q 3.57	Q 28.56
5	Clavo 4"	Libra	0.5	Q 8.00	Q 4.00
6	Clavo 2 1/2"	Libra	0.6	Q 8.00	Q 4.80
7	Cemento UGC 4000 psi	Saco	0.5	Q 56.75	Q 28.38
8	Arena de rio	M <sup>3</sup>	0.05	Q 95.00	Q 4.75
Costo total					Q 267.73
Costo unitario					Q 133.86

La tabla XXXIX presenta la integración del costo unitario para la construcción de los paneles coco/suelo tipo 1 muro.

**Tabla XXXIX Costo unitario panel coco/suelo tipo 1 muro**

2.10 - PANEL COCO/SUELO TIPO 1 MURO		Unidad	Panel	Cantidad	1	
No.	Material	Unidad	Cantidad	Costo unitario	Costo	
1	Pino 3"X1 1/2"X9'10 5/64"	Pieza	2	Q 26.76	Q	53.52
2	Pino 3"X1 1/2"X4'3 61/64"	Pieza	1	Q 11.77	Q	11.77
3	Pino 3"X1 1/2"X4'1 5/64"	Pieza	3	Q 11.11	Q	33.33
4	Pino 3"X1 1/2"X1'3 23/32"	Pieza	4	Q 3.57	Q	14.28
5	Clavo 4"	Libra	0.25	Q 8.00	Q	2.00
6	Clavo 2 1/2"	Libra	0.2	Q 8.00	Q	1.60
7	Malla de gallinero de 1/2"	Metro	9.1	Q 18.00	Q	163.80
8	Alambre de amarre	Libra	0.5	Q 5.00	Q	2.50
9	Caja de grapas de 1000 unidades	Caja	0.5	Q 12.00	Q	6.00
Costo total					Q	288.80
Costo unitario					Q	288.80

La tabla XL presenta la integración del costo unitario para la construcción de los paneles coco/suelo tipo 2 muro.

**Tabla XL Costo unitario panel coco/suelo tipo 2 muro**

2.11 - PANEL COCO/SUELO TIPO 2 MURO		Unidad	Panel	Cantidad	1	
No.	Material	Unidad	Cantidad	Costo unitario	Costo	
1	Pino 3"X1 1/2"X9'10 5/64"	Pieza	2	Q 26.76	Q	53.52
2	Pino 3"X1 1/2"X3'8 7/8"	Pieza	1	Q 10.17	Q	10.17
3	Pino 3"X1 1/2"X3'3/4"	Pieza	3	Q 9.46	Q	28.38
4	Pino 3"X1 1/2"X3'5 3/4"	Pieza	4	Q 3.57	Q	14.28
5	Clavo 4"	Libra	0.25	Q 8.00	Q	2.00
6	Clavo 2 1/2"	Libra	0.22	Q 8.00	Q	1.76
7	Malla de gallinero de 1/2"	Metro	7.5	Q 18.00	Q	135.00
8	Alambre de amarre	Libra	0.5	Q 5.00	Q	2.50
9	Caja de grapas de 1000 unidades	Caja	0.5	Q 12.00	Q	6.00
Costo total					Q	253.61
Costo unitario					Q	253.61

La tabla XLI presenta la integración del costo unitario para la construcción de panel superior del eje "1".

**Tabla XLI Costo unitario panel superior eje "1"**

2.12 - PANEL SUPERIOR EJE "1"		Unidad	Unidad	Cantidad	1
No.	Material	Unidad	Cantidad	Costo unitario	Costo
1	Pino 3"X1 1/2"X1'10 7/16"	Pieza	1	Q 5.08	Q 5.08
2	Pino 3"X1 1/2"X1'3"	Pieza	1	Q 3.39	Q 3.39
3	Pino 3"X1 1/2"X0'7 7/16"	Pieza	1	Q 1.69	Q 1.69
4	Panel OSB	Panel	0.25	Q 135.00	Q 33.75
5	Clavo 2 1/2"	Libra	0.5	Q 8.00	Q 4.00
6	Malla de gallinero de 1/2"	Metro	2.5	Q 18.00	Q 45.00
7	Alambre de amarre	Libra	0.75	Q 5.00	Q 3.75
8	Caja de grapas de 1000 unidades	Caja	0.25	Q 12.00	Q 3.00
Costo total					Q 99.66
Costo unitario					Q 99.66

La tabla XLII muestra la integración del costo unitario para la construcción del panel superior ejes "2" y "3".

**Tabla XLII Costo unitario panel superior ejes "2" y "3"**

2.13 - PANEL SUPERIOR EJE "2" y "3"		Unidad	Unidad	Cantidad	2
No.	Material	Unidad	Cantidad	Costo unitario	Costo
1	Pino 3"X1 1/2"X1'10 7/16"	Pieza	2	Q 5.08	Q 10.16
2	Pino 3"X1 1/2"X1'3"	Pieza	2	Q 3.39	Q 6.78
3	Pino 3"X1 1/2"X0'7 7/16"	Pieza	2	Q 1.69	Q 3.38
4	Clavo 2 1/2"	Libra	1.25	Q 8.00	Q 10.00
5	Malla de gallinero de 1/2"	Metro	6.5	Q 18.00	Q 117.00
6	Alambre de amarre	Libra	1.5	Q 5.00	Q 7.50
7	Caja de grapas de 1000 unidades	Caja	0.12	Q 12.00	Q 1.44
8	Cemento UGC 4000 psi	Saco	0.5	Q 56.75	Q 28.38
9	Arena de rio	M <sup>3</sup>	1	Q 95.00	Q 95.00
Costo total					Q 279.64
Costo unitario					Q 139.82

La tabla XLIII presenta la integración del costo unitario para la construcción del panel superior del eje "4".



**Tabla XLIII Costo unitario panel superior eje "4"**

2.14 - PANEL SUPERIOR EJE "4"		Unidad	Unidad	Cantidad	1	
No.	Material	Unidad	Cantidad	Costo unitario	Costo	
1	Pino 3"X1 1/2"X1'10 7/16"	Pieza	1	Q 5.08	Q	5.08
2	Pino 3"X1 1/2"X1'3"	Pieza	1	Q 3.39	Q	3.39
3	Pino 3"X1 1/2"X0'7 7/16"	Pieza	1	Q 1.69	Q	1.69
4	Clavo 2 1/2"	Libra	0.75	Q 8.00	Q	6.00
5	Malla de gallinero de 1/2"	Metro	3.25	Q 18.00	Q	58.50
6	Alambre de amarre	Libra	0.75	Q 5.00	Q	3.75
7	Caja de grapas de 1000 unidades	Caja	0.06	Q 12.00	Q	0.72
8	Cemento UGC 4000 psi	Saco	0.25	Q 56.75	Q	14.19
9	Arena de río	M <sup>3</sup>	0.5	Q 95.00	Q	47.50
Costo total					Q	140.82
Costo unitario					Q	140.82

La tabla XLIV presenta la integración del costo unitario para la construcción de las columnas.

**Tabla XLIV Costo unitario columnas**

3 - Columnas		Unidad	Unidad	Cantidad	12	
No.	Material	Unidad	Cantidad	Costo unitario	Costo	
1	Pino 3"X3"X9'11 5/8"	Pieza	8	Q 54.22	Q	433.76
2	Pino 3"X3"X11'9 19/32"	Pieza	4	Q 64.38	Q	257.52
Costo total					Q	691.28
Costo unitario					Q	57.61

La tabla XLV presenta la integración del costo unitario para la construcción del piso de concreto.

**Tabla XLV Costo unitario piso de concreto**

4 - PISO DE CONCRETO		Unidad	m <sup>2</sup>	Cantidad	36
No.	Material	Unidad	Cantidad	Costo unitario	Costo
1	Cemento UGC 4000 psi	Saco	33.25	Q 56.75	Q 1,886.94
2	Arena de río	M <sup>3</sup>	1.9	Q 95.00	Q 180.50
3	Agregado grueso de 3/4"	M <sup>3</sup>	2.85	Q 175.00	Q 498.75
Costo total					Q 2,566.19
Costo unitario					Q 71.28

La tabla XLVI presenta la integración del costo unitario para la construcción del techo.

**Tabla XLVI Costo unitario techo**

5 - TECHO		Unidad	m <sup>2</sup>	Cantidad	54
No.	Material	Unidad	Cantidad	Costo unitario	Costo
1	Lámina de zinc de 6', calibre 28	Unidad	20	Q 46.50	Q 930.00
2	Lámina de zinc de 8', calibre 28	Unidad	20	Q 62.00	Q 1,240.00
3	Clavo para lámina de 2 1/2"	Libra	5	Q 8.00	Q 40.00
4	Pino 2"X2"X9'11 5/8"	Pieza	8	Q 24.10	Q 192.80
5	Pino 2"X2"X8'9 15/32"	Pieza	8	Q 21.24	Q 169.92
6	Pino 2"X2"X9'10 5/64"	Pieza	8	Q 23.86	Q 190.88
7	Pino 3"1 1/2"X6'6 23/32"	Pieza	28	Q 17.84	Q 499.52
8	Pino 3"1 1/2"X1'11 5/8"	Pieza	56	Q 5.35	Q 299.60
9	Clavo 4"	Libra	11	Q 8.00	Q 88.00
Costo total					Q 3,650.72
Costo unitario					Q 67.61

La tabla XLVII presenta la integración del costo unitario para la construcción de la instalación eléctrica.

**Tabla XLVII Costo unitario instalación eléctrica**

6 - INSTALACIÓN ELÉCTRICA		Unidad	Unidad	Cantidad	8
No.	Material	Unidad	Cantidad	Costo unitario	Costo
1	Accesorio de entrada (calavera)	Unidad	1	Q 20.00	Q 20.00
2	Gancho para acometida	Unidad	1	Q 1.60	Q 1.60
3	Tubo HG 3/4" de 2m	Unidad	1	Q 44.00	Q 44.00
4	Caja socket	Unidad	1	Q 114.00	Q 114.00
5	Tablero RH 100 Amp.	Unidad	1	Q 162.00	Q 162.00
6	Flipón doble de 30 Amp.	Unidad	1	Q 63.25	Q 63.25
7	Varilla de cobre de 3m	Unidad	1	Q 45.00	Q 45.00
8	Mordaza de varilla	Unidad	1	Q 6.75	Q 6.75
9	Cable cal. 6 negro	Metro	4	Q 11.78	Q 47.12
10	Cable cal. 8 verde	Metro	4	Q 7.48	Q 29.92
11	Tablero eléctrico de 2 polos	Unidad	1	Q 57.35	Q 57.35
12	Flipón de 15 Amp.	Unidad	2	Q 24.75	Q 49.50
13	Cable cal. 12 negro	Metro	40	Q 2.82	Q 112.80
14	Cable cal. 12 rojo	Metro	40	Q 2.82	Q 112.80
15	Cable cal. 12 amarillo	Metro	15	Q 2.82	Q 42.30
16	Poliducto 1/2"	Metro	35	Q 0.82	Q 28.70
17	Caja octogonal	Unidad	4	Q 2.50	Q 10.00
18	Plafonera	Unidad	4	Q 4.75	Q 19.00
19	Caja rectangular	Unidad	8	Q 1.75	Q 14.00
20	Interruptor simple	Unidad	4	Q 15.60	Q 62.40
21	Tomacorrientes de 110V.	Unidad	4	Q 16.11	Q 64.44
22	Cinta de aislar de 3m.	Unidad	3	Q 9.00	Q 27.00
23	Lámpara ahorradora 26W WW 'GE'	Unidad	4	Q 32.99	Q 131.96
Costo total					Q 1,265.89
Costo unitario					Q 158.24

La integración total del costo de construcción y el costo por metro cuadrado, al utilizar el área total de 54 metros cuadrados, esta información se presenta en la tabla XLVIII. En esta tabla se observa que el costo total de proyecto asciende a la suma de Q. 23,130.15 y el costo por metro cuadrado asciende a Q. 428.34.

**Tabla XLVIII Resumen de unitarios**

<b>Renglón</b>	<b>Nombre</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Costo unitario</b>	<b>Costo</b>
<b>1</b>	<b>Cimentación</b>	Metro	36.06	Q 92.28	Q 3,327.50
<b>2</b>	<b>Paneles</b>				
2.1	Panel PET/mortero tipo 1 muro	Panel	8	Q 469.99	Q 3,759.95
2.2	Panel PET/mortero tipo 2 muro	Panel	9	Q 422.19	Q 3,799.75
2.3	Panel PET/mortero tipo 1 ventana	Panel	1	Q 391.42	Q 391.42
2.4	Panel PET/mortero tipo 1 puerta	Panel	1	Q 281.06	Q 281.06
2.5	Panel PET/mortero tipo 2 ventana	Panel	3	Q 334.50	Q 1,003.49
2.6	Panel PET/mortero tipo 2 puerta	Panel	1	Q 241.90	Q 241.90
2.7	Panel OSB tipo 2 muro	Panel	1	Q 404.55	Q 404.55
2.8	Panel OSB tipo 2 ventana	Panel	1	Q 416.22	Q 416.22
2.9	Panel bajereque tipo 1 muro	Panel	2	Q 133.86	Q 267.73
2.10	Panel coco/suelo tipo 1 muro	Panel	1	Q 288.80	Q 288.80
2.11	Panel coco/suelo tipo 2 muro	Panel	1	Q 253.61	Q 253.61
2.12	Panel superior eje "1"	Unidad	1	Q 99.66	Q 99.66
2.13	Panel superior ejes "2" y "3"	Unidad	2	Q 139.82	Q 279.64
2.14	Panel superior eje "4"	Unidad	1	Q 140.82	Q 140.82
<b>3</b>	<b>Columnas</b>	Unidad	12	Q 57.61	Q 691.28
<b>4</b>	<b>Piso de concreto</b>	m <sup>2</sup>	36	Q 71.28	Q 2,566.19
<b>5</b>	<b>Techo</b>	m <sup>2</sup>	54	Q 67.61	Q 3,650.72
<b>6</b>	<b>Intalación eléctrica</b>	Unidad	8	Q 158.24	Q 1,265.89
<b>Costo total</b>					<b>Q 23,130.15</b>
<b>Costo/metro cuadrado</b>					<b>Q 428.34</b>



## CONCLUSIONES

1. El sistema constructivo que utiliza el panel denominado PET/mortero es altamente rígido con 49840 Kg/m y un peso de 368.77 Kg, luego de producirse el desprendimiento de su mortero el panel sigue resistiendo carga horizontal por la colocación de malla de gallinero; en servicio las acciones y reacciones le solicitan una pequeña parte de su capacidad y la deriva se encuentra dentro del parámetro máximo establecido por los códigos y normas más utilizadas en el medio guatemalteco; el tiempo de construcción es relativamente alto y la resistencia máxima se presenta a los 28 días de aplicada la capa de mortero; la utilización de este tipo de panel en la construcción utilizó un total aproximado de 364 Kg de desechos de botellas de PET y bolsas de plástico.
2. El sistema constructivo que utiliza el panel denominado OSB es ligeramente rígido con 3790.2 Kg/m y un peso de 94.24 Kg, por lo que compensa su pequeña rigidez con su poco peso; en servicio las acciones y reacciones solicitadas se encuentran dentro de su capacidad de resistencia, no obstante, por su ubicación, incumple con la deriva máxima establecida por los códigos y normas más utilizadas en el medio guatemalteco. Sin embargo, si se utilizase solo este tipo de panel cumple con la deriva máxima; su tiempo de construcción es corto y su resistencia máxima se presenta luego de terminado el ensamblaje del OSB; la capa exterior de mortero que le protege de los elementos es susceptible a agrietarse al producirse un desplazamiento horizontal. El OSB puede sufrir ataque de vectores.

3. El sistema constructivo que utiliza el panel denominado bajareque es ligeramente rígido con 4413.8 Kg/m y un peso, el más elevado de los cuatro sistemas propuestos, de 477.45 Kg, y presenta un desequilibrio entre su rigidez y su peso; en servicio las acciones y reacciones solicitadas se encuentran dentro de los parámetros establecido, pero su deriva supera el máximo establecido por los códigos y normas más utilizados en el medio guatemalteco; su tiempo de construcción es relativamente alto, existe el riesgo de expansiones por la arcilla plástica utilizada y su resistencia máxima es alcanzada luego de evaporarse el agua utilizada para la mezcla de suelo y pasto; es un sistema altamente conocido en las aéreas rurales de Guatemala.
  
4. El sistema constructivo que utiliza el panel denominado coco/suelo presenta la mayor capacidad de deriva de los cuatro sistemas propuestos, es también el de menor rigidez con 1930.4 Kg/m y un peso alto para su rigidez de 287.87 Kg; en servicio las acciones y reacciones solicitadas se encuentran de los parámetros establecidos, este panel posee una deriva mayor a la máxima establecida y su escasa rigidez; por la ubicación del panel, hace que los otros paneles resistan la mayor parte de las cargas horizontales; su tiempo de construcción es relativamente alto y existe el riesgo de putrefacción de la cáscara de coco en el interior del mismo y del casabillo de arroz utilizado en su recubrimiento, existe además la probabilidad de formación de grietas que alojen vectores en su interior en la mezcla utilizada para su recubrimiento, asimismo de presentarse una alta humedad y posibilidad de expansión, su resistencia máxima se presenta luego de evaporarse el agua utilizada en la mezcla de su recubrimiento.

5. La estructura portante del techo es capaz de resistir la acción del viento crítico, pero no existe una junta adecuada que evite que este se desprenda de la estructura; asimismo las vigas de 3"X1½" de sección transversal sobrepasan el valor de deflexión máxima establecida por los códigos y normas utilizados.
6. Las columnas ubicadas en las intersecciones de los ejes "1", "C" y "4", "A", superan el valor de la relación de esbeltez máxima permitida por el código, razón por la cual es rechazada automáticamente; por la acción del viento y la falta de un anclaje adecuado las columnas pueden ser extraídas de su respectiva cimentación. Es necesario mencionar que la sección de 3"X3" es capaz de soportar las acciones y reacciones requeridas, incluidos los momentos de segundo orden.
7. Para la construcción de albergues temporales el sistema más apropiado es, por su corto tiempo de construcción, el tipo OSB; no obstante se deben atender a las recomendaciones relacionadas con el sistema del techo y las columnas hechas en este trabajo de graduación.
8. Para la construcción de albergues, donde la permanencia de los usuarios se dé durante un prologando periodo, el sistema constructivo con paneles tipo PET/mortero es el más apropiado; no obstante se deben atender a las recomendaciones relacionadas con el sistema de techo y las columnas hechas en este trabajo de graduación.



9. Con base en los códigos “Código Uniforme de Construcción de 1997” (UBC-97) y “Manual de LRFD para Construcciones de Madera” (AF&PA/ASCE 16-95), y las normas “Normas de Planificación y Construcción para Casos Proyectados” (Normas FHA) y “Normas Estructurales de Diseño Recomendadas para la República de Guatemala” (AGIES NR 1:2000, AGIES NR 2:2000 y AGIES NR 3:2000), utilizados en la evaluación estructural del albergue modelo “VERSÁTIL” del proyecto de investigación CII/USAC/CONRED/INDIS/URL, la construcción del albergue modelo “VERSÁTIL” del proyecto antes mencionado no cumple con los requerimiento mínimos establecidos por dichas normas, específicamente los referidos a deformaciones máximas.

## RECOMENDACIONES

1. Utilizar tornillos 2½" para lámina en sustitución a los clavos de 2½", esto evita que las láminas se desprendan de la estructura del techo y causen daños a las propiedades cercanas y principalmente lastimar a las personas que se encuentren en las cercanías.
2. Reemplazar los clavos de 4" utilizados para sujetar los tendales y vigas de la estructura del techo por tornillos SPAX de 3" y 6" de rosca abierta, esto evita que la estructura se desprenda de los paneles y cause daño a las propiedades cercanas y principalmente a las personas que se encuentren en las cercanías.
3. Cambiar la sección de las vigas de 3"X1½" a una sección 4"X2", esto disminuirá la deflexión que se presenta por la primera y la coloca dentro de los parámetros establecidos por los códigos empleados.
4. Crear un anclaje mecánico entre los paneles, al coronar estos con una solera de madera de 4"X2", es necesario que sobresalga ½" a cada lado de los paneles y sujetarla a estos mediante tornillos SPAX de 3" de rosca abierta o pernos de ½" con terminaciones rosca-rosca. Adicionalmente rigidizar todas las esquinas internas para mantener un ángulo recto.

5. Reemplazar las columnas ubicadas en las intersecciones de los ejes "1", "C" y "4", "A" con sección de 3"X3" a una sección de 4"X4", esta sección cumple con la máxima relación de esbeltez y tiene la capacidad de resistir las acciones y reacciones solicitadas e incluyendo los momentos de segundo orden o efectos  $P\Delta$  que puedan presentarse.
6. Crear un anclaje que resista la tensión solicitada a las columnas ubicadas en las intersecciones de los ejes "1", "C" y "4", "A" por el actuar del viento al utilizar clavos de 4" introducidos hasta la mitad en la columna, y alternar su posición, esto para no abrir la misma fibra y causar grietas, en las cuatro caras y en la longitud que está en contacto con el concreto.
7. No construir albergues que utilicen sistemas constructivos con los paneles denominados bajareque y coco/suelo como los propuestos y utilizados en esta construcción. Modificar la estructura interna de los paneles y la forma de construir estos con el objetivo único de incrementar su rigidez y disminuir su peso.
8. Reemplazar la capa de mortero aplicada en el exterior de los paneles de OSB por un impermeabilizante químico que proteja al OSB de la acción de los elementos y otras amenazas, esto con el fin único de reducir el peso del panel y el tiempo de construcción.
9. En caso de necesitarse una gran cantidad de viviendas requeridas en un corto tiempo, construir albergues con el sistema constructivo del panel denominado OSB. Y deberá atenderse las recomendaciones hechas en este trabajo de graduación.

- 10.** Estudiar la posibilidad de construir albergues como los recomendados en el numeral 9 y 8 de esta sección, y reemplazar el OSB por Plywood fenolico de  $\frac{1}{2}$ " para el exterior y Plywood de  $\frac{1}{4}$ " para el interior, también deberán atenderse las demás recomendaciones hechas en este trabajo de graduación.
- 11.** Crear nuevas distribuciones de ambientes y modulaciones, con el fin de proporcionar todos los servicios básicos necesarios, de ser requeridas soluciones habitacionales permanentes.
- 12.** Evaluar la construcción de paneles con sistemas constructivos duales, por ejemplo, colocar Plywood de  $\frac{1}{4}$ " para el interior y rellenar el panel con botellas PET, colocar malla de gallinero y aplicar una capa de mortero para el exterior.
- 13.** Incluir en la red de estudios de la carrera de Ingeniería Civil un curso de diseño de estructuras de madera en el Área de Estructuras de la Escuela de Ingeniería Civil de esta facultad.



## BIBLIOGRAFÍA

1. Asociación Guatemalteca de Ingeniería Estructural y Sísmica. **AGIES NR 1:2000: Normas Estructurales de Diseño Recomendadas para la República de Guatemala, Bases Generales de Diseño y Construcción.** Guatemala: 2002. 10 págs.
2. Asociación Guatemalteca de Ingeniería Estructural y Sísmica, **AGIES NR 2:2000: Normas Estructurales de Diseño Recomendadas para la República de Guatemala, Demandas Estructurales, Condiciones del Sitio y Nivel de Protección.** Guatemala: 2002. 15 págs.
3. Asociación Guatemalteca de Ingeniería Estructural y Sísmica, **AGIES NR 3:2000: Normas Estructurales de Diseño Recomendadas para la República de Guatemala, Diseño Estructural de Edificaciones.** Guatemala: 2002. 71 págs.
4. American Society of Civil Engineers, **ASCE 7-98: Minimum Design Loads for Buildings and Other Structures.** Estados Unidos de América: 1998, 179 págs.
5. American Wood Council, **AF&PA/ASCE 16-95: Norma para el Diseño de Construcciones de Madera mediante el Método de Factores de Carga y Resistencia (LRFD).** Estados Unidos de América: 1995, 71 págs.

6. Fomento de Hipotecas Aseguradas. **Normas de Planificación y Construcción para Casos Projectados**. Guatemala: 2002, 179 págs.
7. Instituto de Investigación en Diseño de la Universidad Rafael Landívar. **Proyecto de Albergue Progresivo Unifamiliar**. Guatemala. Universidad Rafael Landívar, Facultad de Arquitectura.: 2009. 16 págs.
8. International Code Council, **IBC 2006: International Building Code 2006**. Estados Unidos de América: 2006. 679 págs.
9. International Conference of Building Oficial, **UBC-97: Uniform Building Code Volume 2**. Estados Unidos de América: 1997. 545 págs.
10. MERRITT, Frederick S.. **Manual del Ingeniero Civil volumen 2**, 2da. ed. México: Editorial McGraw-Hill, 1988. 724 págs.
11. McCORMAC, Jack C.. **Análisis Estructural**. 3a. ed. México: HARLA, 1983. 478 págs.
12. MORALES, Elen y otros. **Evaluación de Propiedades Físicas y Mecánicas de Tableros OSB Utilizando Técnica de Ensayo No Destructiva**. Brasil. Universidad de São Paulo: 2007. 6 págs.
13. PARKER, Harry. **Diseño Simplificado de Estructuras de Madera**. 2da. Ed. Editorial Limusa. México: 2000. 338 págs.
14. Pura Vida. **Construcción**. Pura Vida: Guatemala, 2009. 28 págs.  
Disponibile en: <http://www.puravidaatitlan.org>

## ANEXO

### Figuras

Figura 1	Ensayo de compresión de paneles	175
Figura 2	Ensayo de corte de paneles	175
Figura 3	Solar destinado al albergue modelo	176
Figura 4	Construcción del albergue modelo, fotografía 1	176
Figura 5	Construcción del albergue modelo, fotografía 2	177
Figura 6	Albergue modelo, fotografía 1	177
Figura 7	Albergue modelo, fotografía 2	178
Figura 8	Distribución de los paneles en el albergue modelo	178
Figura 9	Ubicación del albergue modelo	179

### Tablas

Tabla I	Tabla 1.4-1 de la norma AF&PA/ASCE 16-95	180
Tabla II	Tabla 1.4-2 de la norma AF&PA/ASCE 16-95	180

### Planos utilizados en la construcción (INDIS/URL)

- Plano 00 - Transporte de albergue desarmado
- Plano 01 - Trazo de cimentación en campo
- Plano 02 - Trazo de zanjeado y emplantillado en campo
- Plano 03 - Detalles de cimentación
- Plano 04 - Cotas y tipos de paneles
- Plano 05 - Ubicación de columnas
- Plano 06 - Tipos de paneles
- Plano 07 - Tipos de paneles
- Plano 08 - Tipos de paneles



**Plano 09 - Tipos de paneles**

**Plano 10 - Armado del techo**

**Plano 11 - Colocación de lámina**

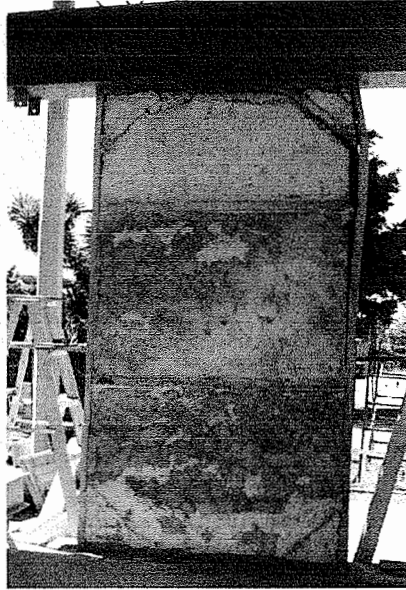
**Plano 12 - Armado de módulo**

**Plano 13 - Módulo doble (36 m<sup>2</sup>)**

**Plano 14 - Módulo doble (36 m<sup>2</sup>)**

**Plano 15 - Uso de los espacios**

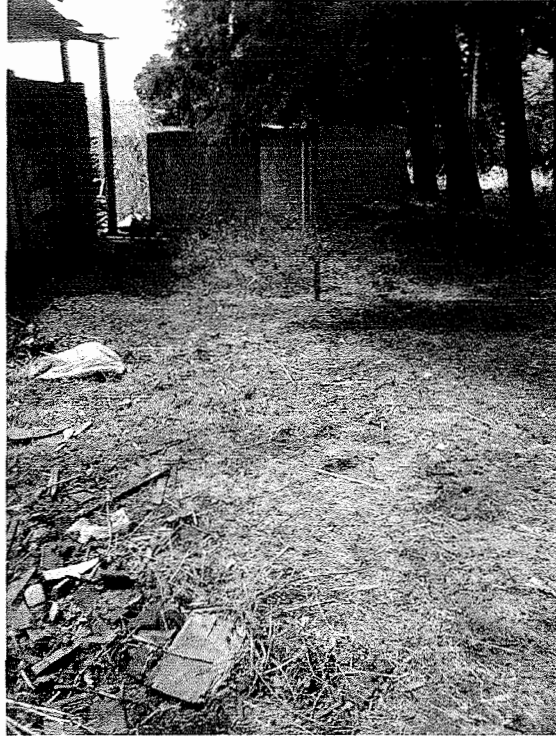
**Figura 1 Ensayo de compresión de paneles**



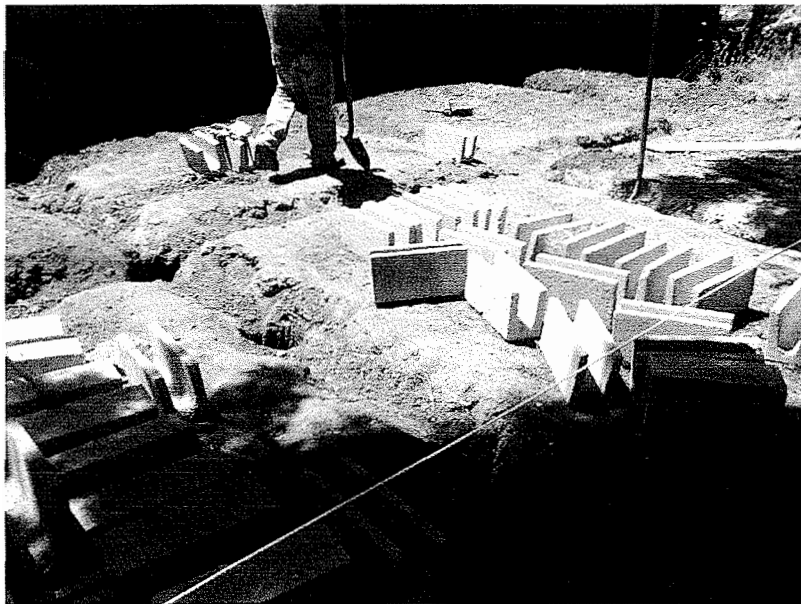
**Figura 2 Ensayo de corte de paneles**



**Figura 3 Solar destinado al albergue modelo**



**Figura 4 Construcción del albergue modelo, fotografía 1**



**Figura 5 Construcción del albergue modelo, fotografía 2**



**Figura 6 Albergue modelo, fotografía 1**

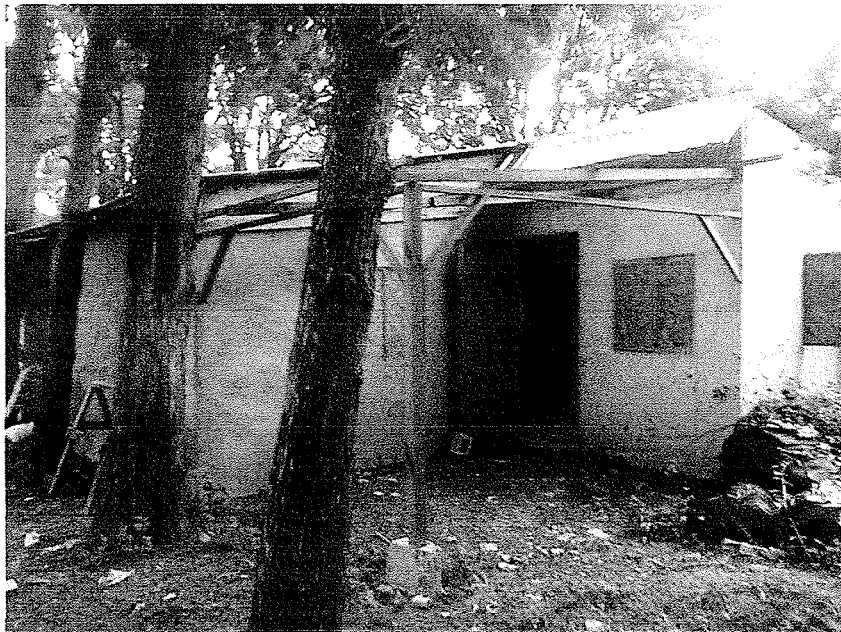


Figura 7 Albergue modelo, fotografía 2

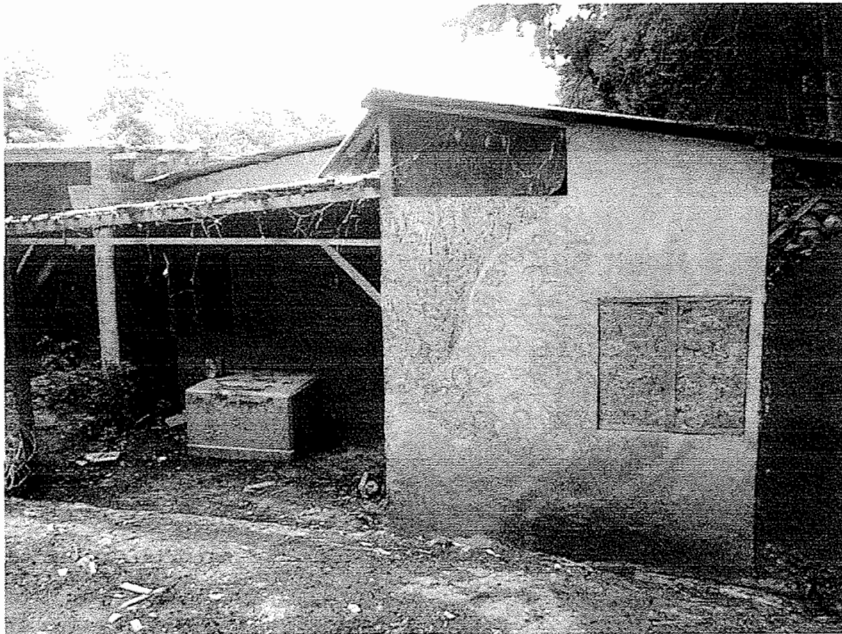


Figura 8 Distribución de los paneles en el albergue modelo

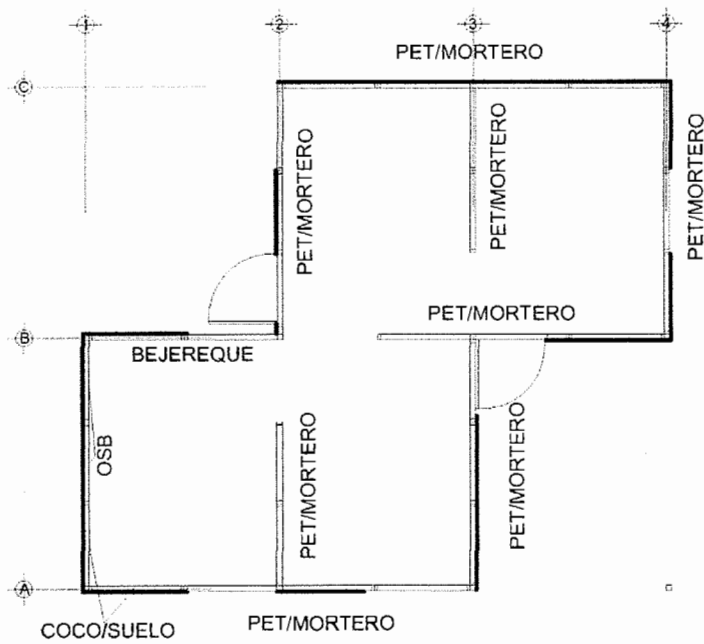
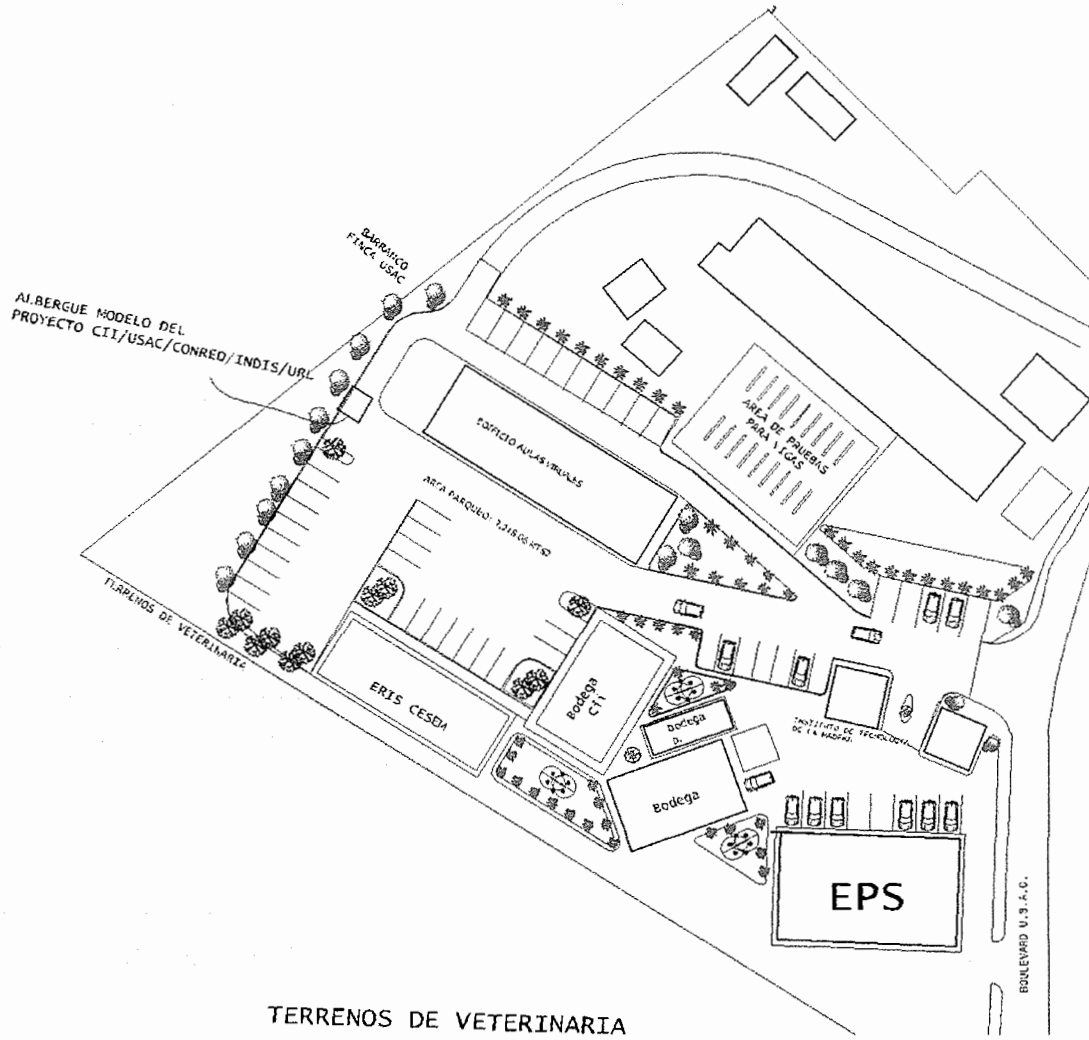


Figura 9 Ubicación del albergue modelo



**Tabla I** Tabla 1.4-1 de la norma AF&PA/ASCE 16-95

**TABLA 1.4-1**  
**Factores de resistencia,  $\phi$ .**

Aplicación	Símbolo	Valor
Compresión	$\phi_c$	0.90
Flexión	$\phi_b$	0.85
Estabilidad	$\phi_s$	0.85
Tracción	$\phi_t$	0.80
Corte / Torsión	$\phi_v$	0.75
Conexiones	$\phi_z$	0.65

**Fuente:** Manual de LRFD para construcciones de madera, AF&PA/ASCE 16-95.

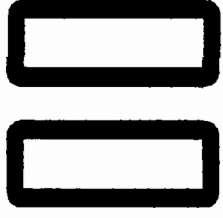
**Tabla II** Tabla 1.4-2 de la norma AF&PA/ASCE 16-95

**TABLA 1.4-2.**  
**Factores de efecto temporal.**

Combinación de cargas		Factor de efecto temporal ( $\lambda$ )
1.4D	(1.3-1)	0.6
1.2D + 1.6L + 0.5D(L <sub>c</sub> o S o R)	(1.3-2)	0.7 cuando L corresponde a almacenamiento 0.8 cuando L corresponde a ocupación 1.25 cuando L corresponde a cargas de impacto <sup>2</sup>
1.2D + 1.6(L <sub>c</sub> o S o R) + (0.5L o 0.8W)	(1.3-3)	0.8
1.2D + 1.3W + 0.5L + 0.5 (L <sub>c</sub> o S o R)	(1.3-4)	1.0
1.2D + 1.0E <sup>1</sup> + 0.5L + 0.2S	(1.3-5)	1.0
0.9D - (1.3W o 1.0E)	(1.3-6)	1.0

<sup>2</sup>Para las conexiones,  $\lambda = 1.0$  cuando L corresponde a cargas de impacto.

**Fuente:** Manual de LEFD para construcciones de madera, AF&PA/ASCE 16-95



# TRANSPORTE DEL ALBERGUE DESARMADO



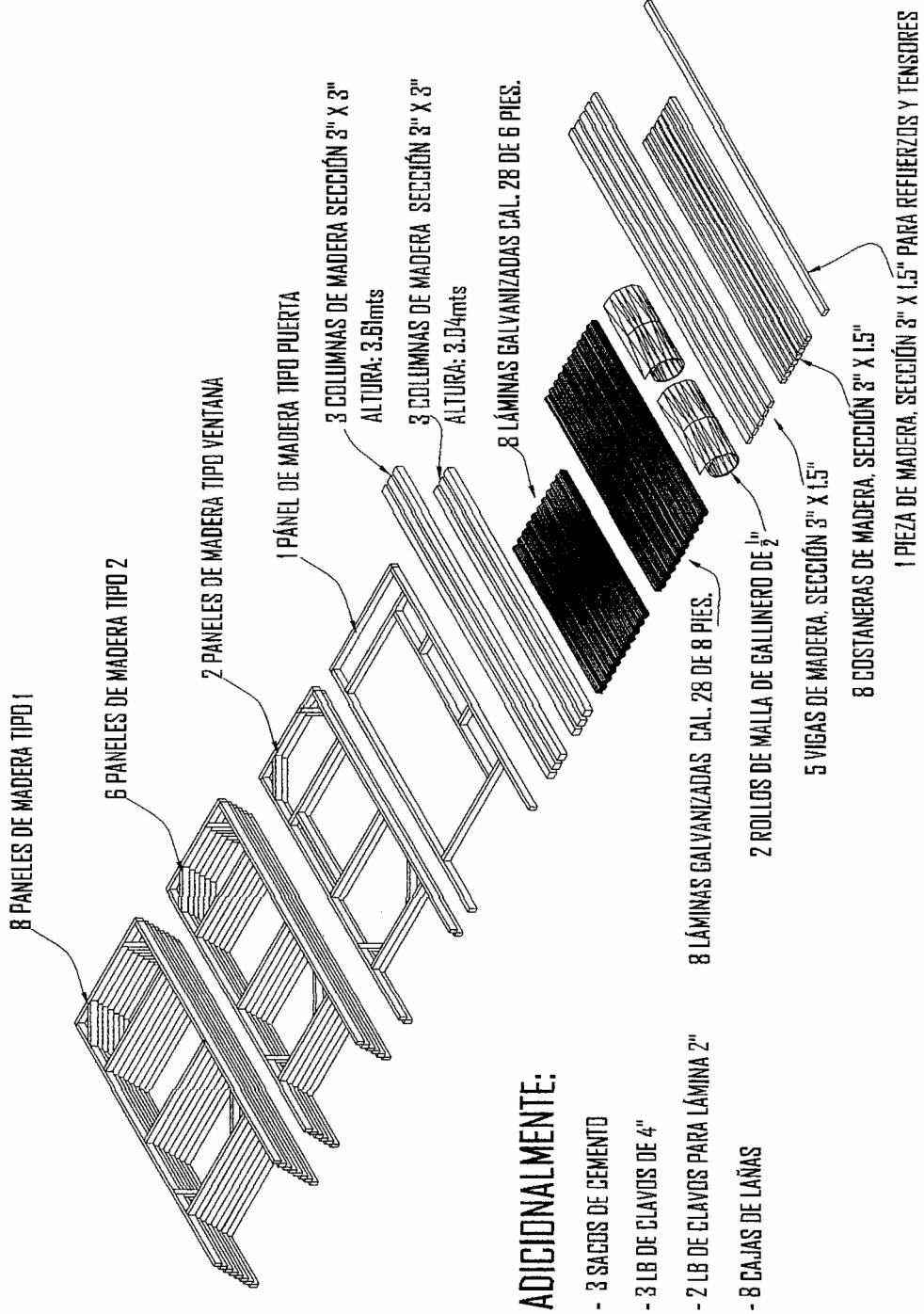
CONTIENE:  
**PROYECTO DE ALBERGUE  
PROGRESIVO**

**MÓDULO BÁSICO PARA OCCIDENTE**

ORDEN:  
ARQ.S. ILOPNA CORTÉZ, CATHERINE FIDU, LUIS MATA  
DIBUJÓ:  
ARQ. CATHERINE FIDU ARRIBAGA

ESCALA:  
SIN ESCALA  
FECHA:  
JUNIO 2008

A HOJA  
/ 15



## ADICIONALMENTE:

- 3 SACOS DE CEMENTO
- 3 LB DE CLAVOS DE 4"
- 2 LB DE CLAVOS PARA LÁMINA 2"
- 8 CAJAS DE LAÑAS



# 01

## TRAZO DE CIMENTACIÓN EN CAMPO.



CONTIENE:  
**PROYECTO DE ALBERGUE  
PROGRESIVO**

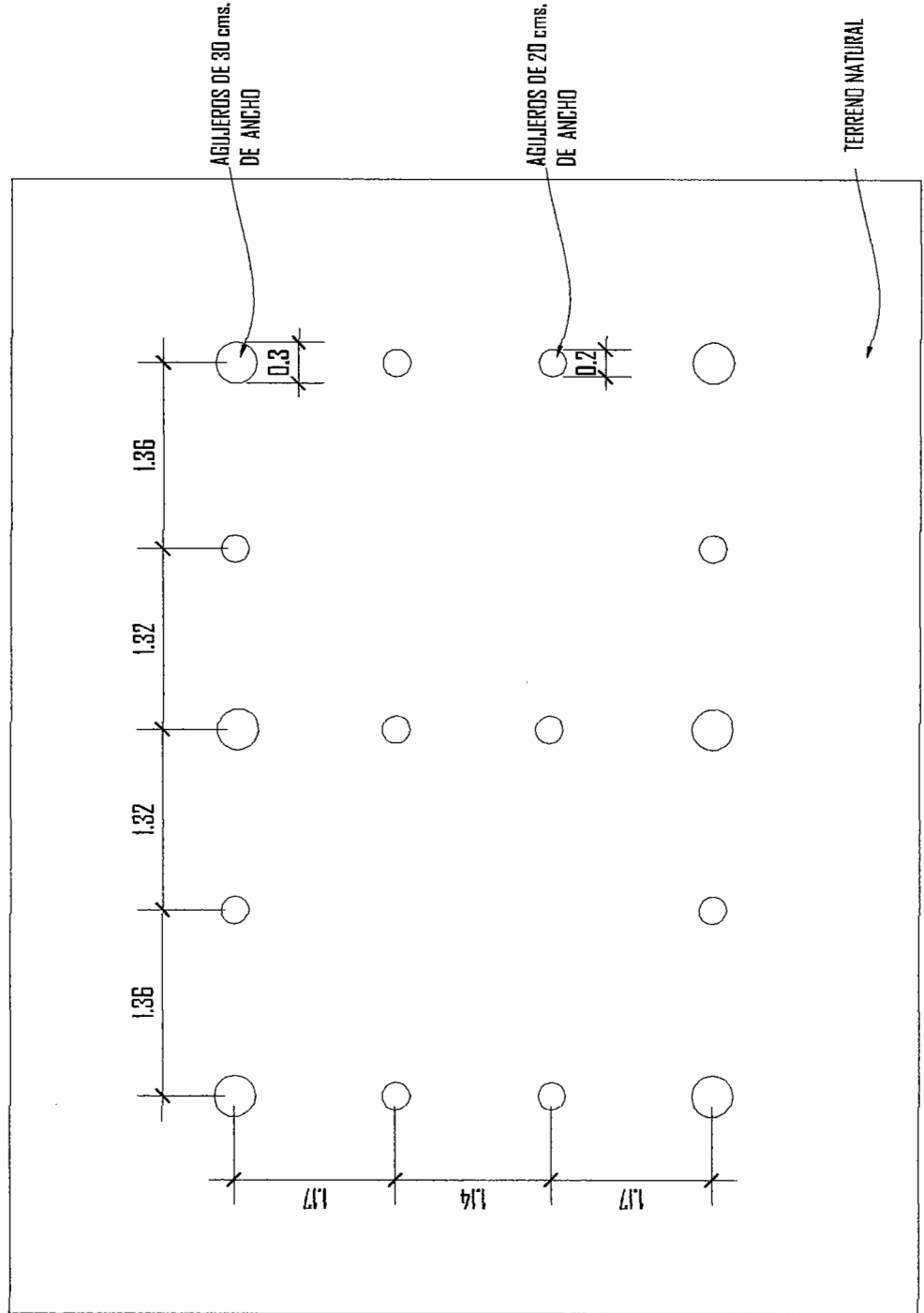
**MÓDULO BÁSICO - VERSÁTIL I.B.3-**

DISEÑO:  
ARQ. LIDYNA CORTÉZ, CATHERINE FIDN, LUIS MATA  
DIBUJO:  
ARQ. CATHERINE FIDN ARRAGA

ESCALA:  
SIN ESCALA  
FECHA:  
JUNIO 2009

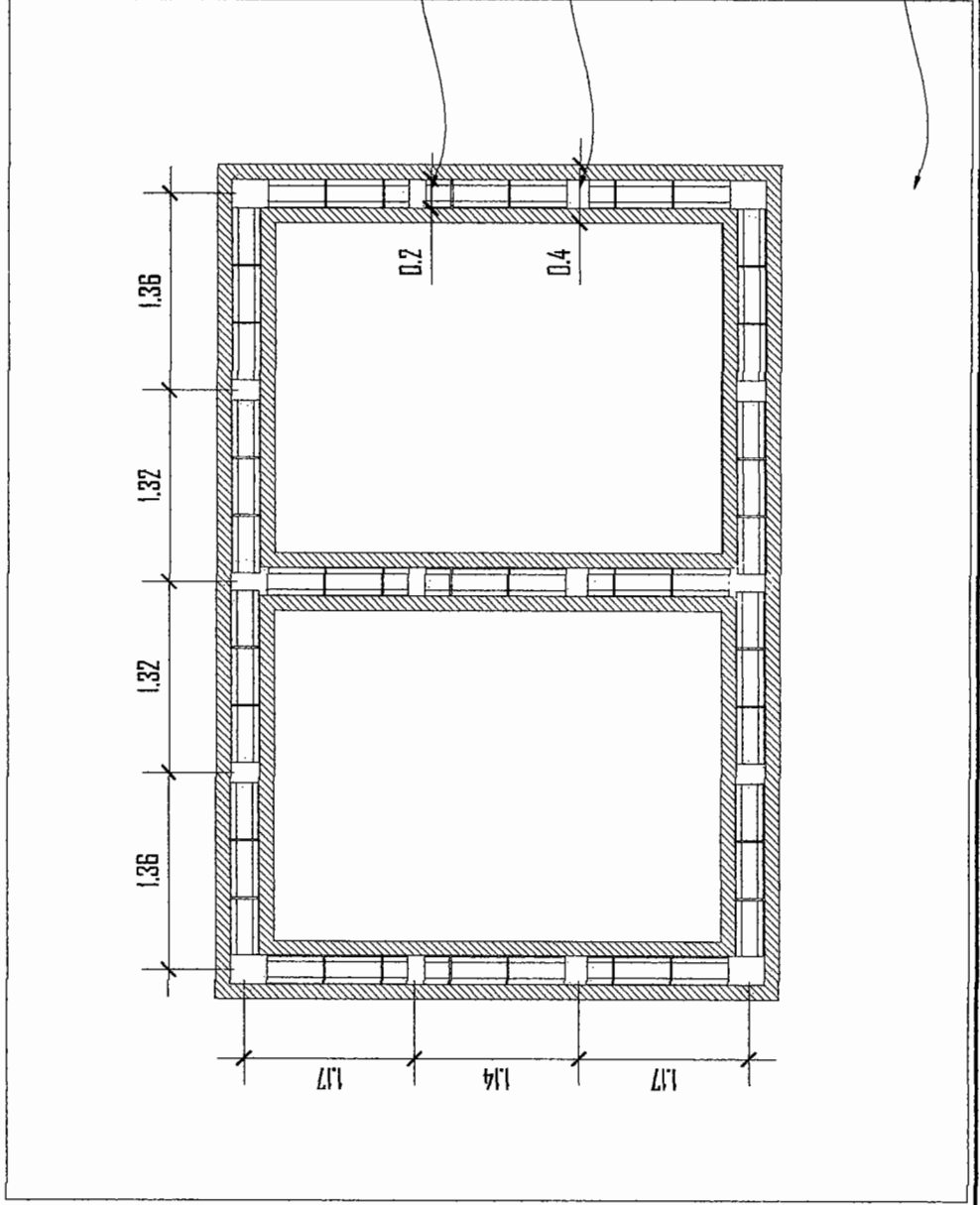
A HOJA  
01/

**NOTAS:**  
-TODOS LOS AGUJEROS TENDRÁN PROFUNDIDAD DE 60 cms. CON UN GROSOR DE 20 cms Y 30 cms RESPECTIVAMENTE.



## NOTAS:

- EL ANCHO DE LA ZANJA RESPONDERÁ AL DOBLE DEL GROSOR DE BLOCK UTILIZADO.
- SE RECOMIENDA UTILIZAR BLOCK TIPO "U" DE PIEDRA PÓMEZ DE 14 X 19 X 39cms.
- PROFUNDIDAD DE LA ZANJA: 10 cms. DEL NIVEL DEL TERRENO.



# 01

## TRAZO DE ZANJEADO Y EMPLANTILLADO EN CAMPO.



CONTIENE:  
**PROYECTO DE ALBERGUE  
PROGRESIVO**

MÓDULO BÁSICO -VERSÁTIL I.B.3-  
DISEÑO:  
ARQ.S. LIDYNA CORTÉZ, CATHERINE FERR, LUIS MATA  
DIBUJO:  
ARQ. CATHERINE FERR ARRAGA

ESCALA:  
SIN ESCALA  
FECHA:  
JUNIO 2008

A HOJA  
02/

# 01

## DETALLES DE CIMENTACIÓN



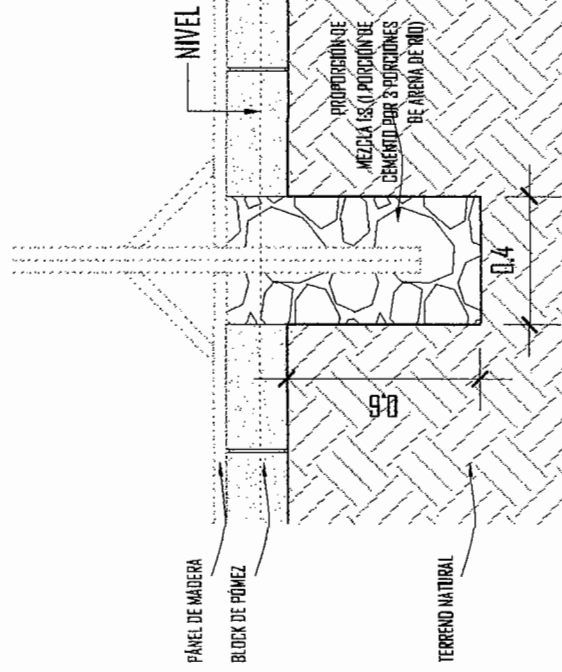
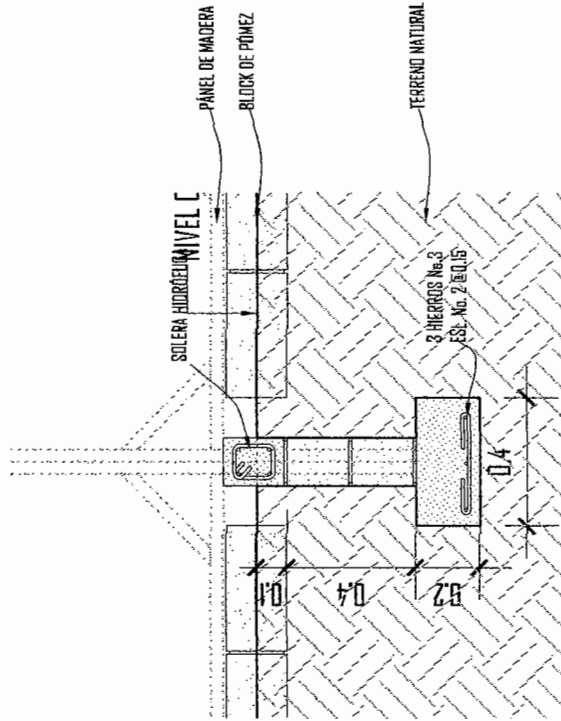
CONTIENE:  
**PROYECTO DE ALBERGUE  
PROGRESIVO**

**MÓDULO BÁSICO - VERSÁTIL 1.B.3-**

DISEÑO:  
ARQ. LIDYNA CURTÉS, CATHERINE FON, LUIS MATA  
DIBUJO:  
ARQ. CATHERINE FON, ARRABISA

ESCALA:  
SIN ESCALA  
FECHA:  
JUNIO 2009

A HOJA  
03/



# 02

## COTAS Y TIPOS DE PÁNELES

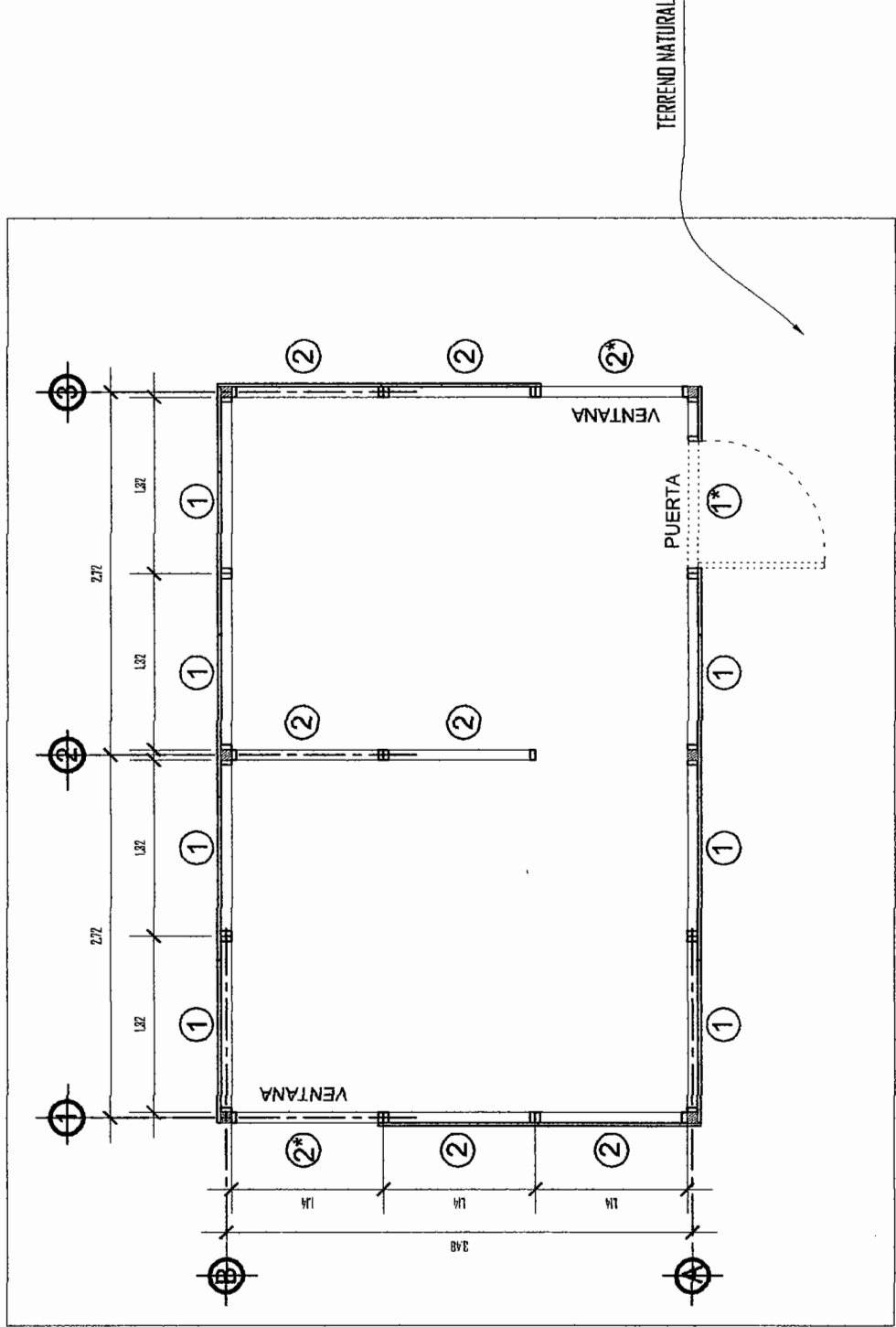


CONTIENE:  
**PROYECTO DE ALBERGUE PROGRESIVO**  
MÓDULO BÁSICO - VERSÁTIL 1.8.3-

DISEÑO:  
ARQ. ILOPNA CORTÉZ, CATHERINE FIDY, LUIS MATA  
DIBUJO:  
ARQ. CATHERINE FIDY, ARIAGA

ESCALA:  
SIN ESCALA  
FECHA:  
JUNIO 2008

A HOJA  
04/



# 02

## NOTAS:

-LA SECCIÓN SUGERIDA DE MADERA PARA LAS COLUMNAS SERÁ DE 3"x3".

COLUMNAS  
TIPO

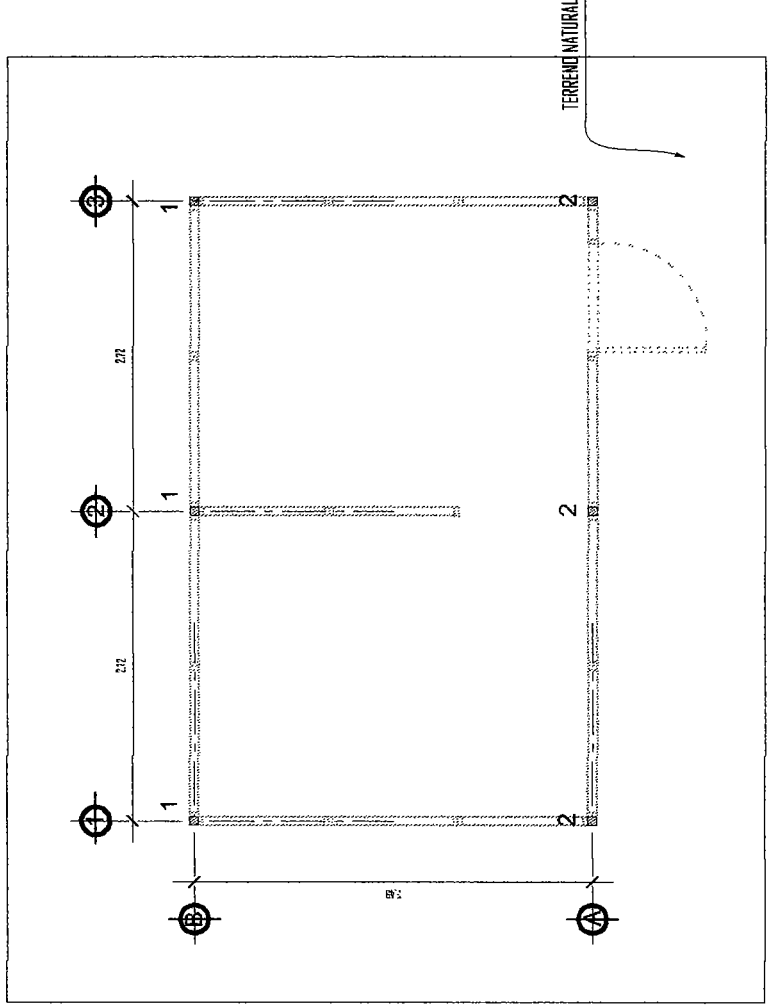
# 1

PIEZA DE MADERA 3.61m. (3"x3")

COLUMNAS  
TIPO

# 2

PIEZA DE MADERA 3.04m. (3"x3")



## UBICACIÓN DE COLUMNAS



CONTIENE:  
**PROYECTO DE ALBERGUE  
PROGRESIVO**

MÓDULO BÁSICO - VERSÁTIL I.B.3-  
DISEÑO:  
ARQ. LIDYVA CORTÉZ, CATHERINE FIOJ, LUIS MATA  
DIBUJO:  
ARQ. CATHERINE FIOJ ARRABAGA

ESCALA:  
SIN ESCALA  
FECHA:  
JUNIO 2005

A HOJA  
05/

# 02

## TIPOS DE PÁNELES



CONTIENE:  
**PROYECTO DE ALBERGUE  
PROGRESIVO**  
MÓDULO BÁSICO - VERSÁTIL 1.B.3-

DISEÑO:  
ARQ.S. LIDYNA CORTÉZ, CATHERINE FION, LUIS MATA  
DIBUJÓ:  
ARQ. CATHERINE FION ARRUDA

ESCALA:  
SIN ESCALA  
FECHA:  
JUNIO 2009

A HOJA  
067

### NOTAS:

-LA SECCIÓN DE MADERA SUGERIDA SERÁ DE 3"X1.5" EN TODAS LAS PIEZAS.

## PÁNEL 1

PIEZA DE MADERA 1.32m. (3"X1.5")

PIEZA DE MADERA 1.246m. (3"X1.5")

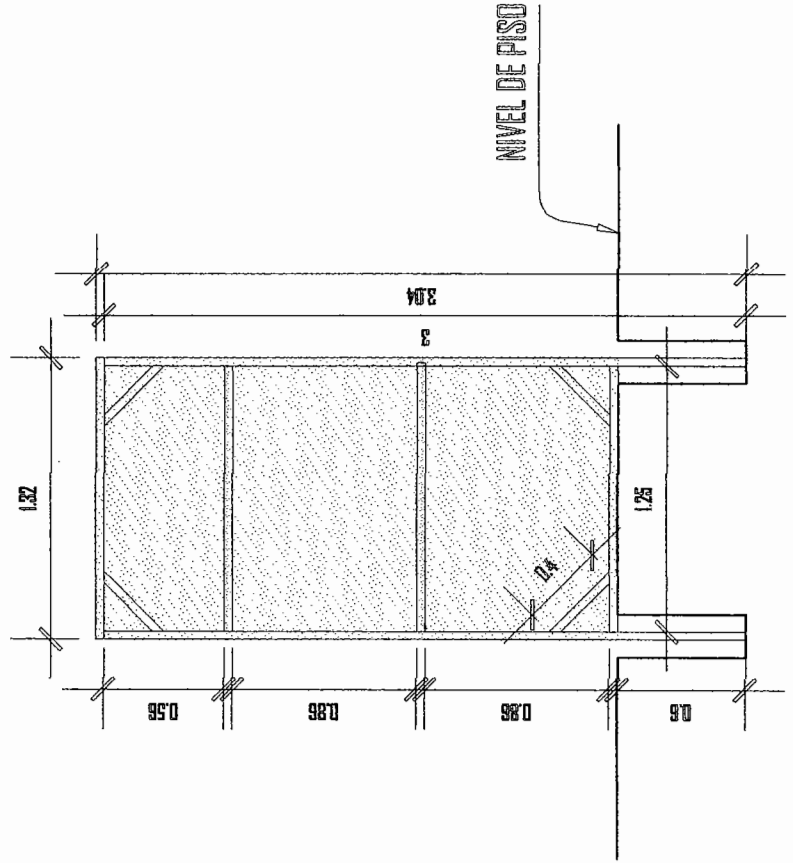
MALLA DE GALLINERO

RIGIDIZANTES 0.40 Mts (45°) (3"X1.5")

ADICIONALMENTE  
CLAVOS DE 2.5"

PIEZA DE MADERA 3.00m. (3"X1.5")

PIEZA DE MADERA 3.00m. (3"X1.5")



# 02

## TIPOS DE PÁNELES

## PÁNEL 2

### NOTAS:

-LA SECCIÓN DE MADERA SUGERIDA SERÁ DE 3"X1.5" EN TODAS LAS PIEZAS.

PIEZA DE MADERA 3.00m. (3"X1.5")

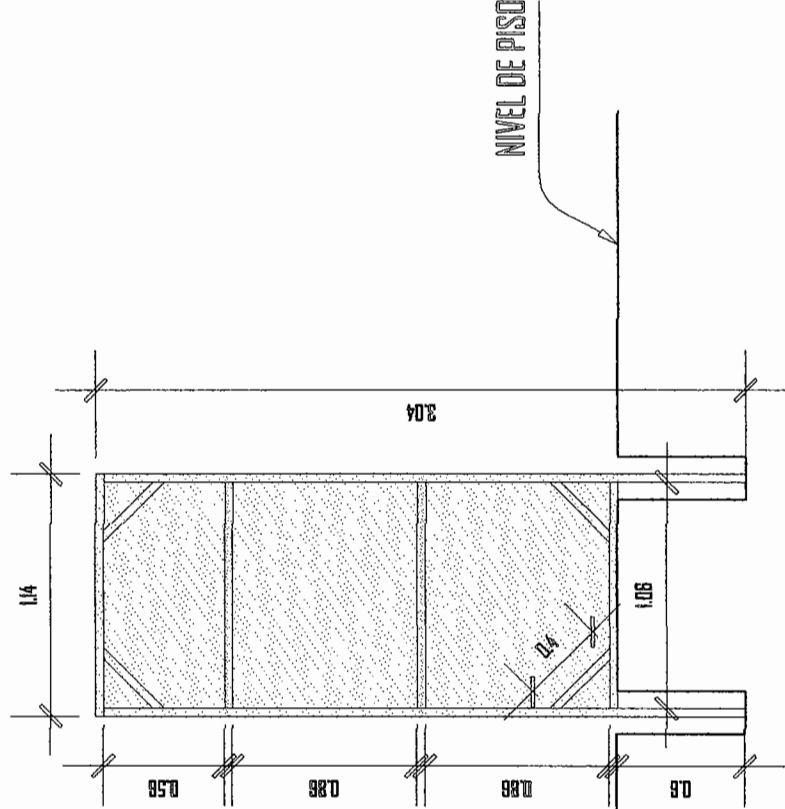
PIEZA DE MADERA 1.14m. (3"X1.5")

PIEZA DE MADERA 1.06m. (3"X1.5")

MALLA DE GALLINERO

RIGIDIZANTES 0.40 Mts (45°) (3"X1.5")

CLAVOS DE 2.5"



CONTIENE:  
**PROYECTO DE ALBERGUE  
PROGRESIVO**

**MÓDULO BÁSICO - VERSÁTIL 1.B.3-**

DISEÑO:  
ARQ. ILOYNA CORTEZ, CATHERINE FON, LUIS MATA  
DIBUJO:  
ARQ. CATHERINE FON ARRIAGA

ESCALA:  
SIN ESCALA  
FECHA:  
JUNIO 2009

A HOJA  
08 /

# 02

## TIPOS DE PÁNELES

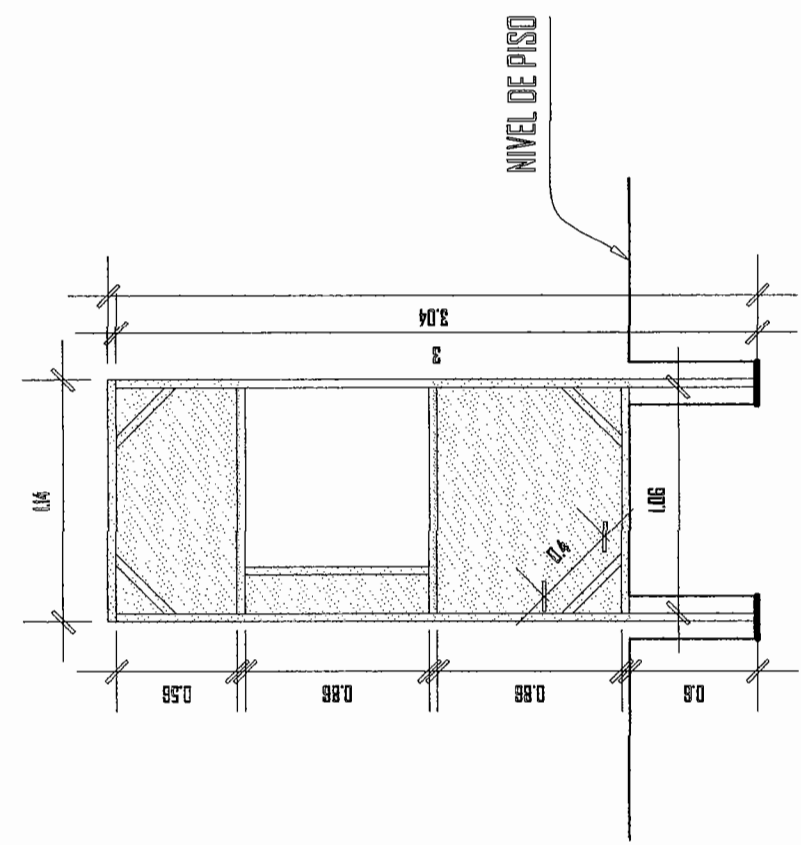
### PÁNEL 2\* (VENTANA)

**NOTAS:**

-LA SECCIÓN DE MADERA SUBERIDA SERÁ DE 3"x1.5" EN TODAS LAS PIEZAS.

- PIEZA DE MADERA 1.4m. (3"x1.5")
- PIEZA DE MADERA 1.06m. (3"x1.5")
- MALLA DE GALLINERO
- RIGIDIZANTES 0.40 Mts (45") (3"x1.5")
- CLAVOS DE 2.5"

- PIEZA DE MADERA 3.00m. (3"x1.5")
- PIEZA DE MADERA 3.00m. (3"x1.5")
- PIEZA DE MADERA 0.88m. (3"x1.5")



CONTIENE:  
**PROYECTO DE ALBERGUE  
PROGRESIVO**

MÓDULO BÁSICO - VERSÁTIL I.B.3-  
DISEÑO:  
ARQ. ALOPNA CORTÉZ, CATHERINE FON, LUIS MATA  
DIBUJO:  
ARQ. CATHERINE FON ARRIBA

ESCALA:  
SIN ESCALA  
FECHA:  
JUNIO 2008

A HOJA  
09 /



## NOTAS:

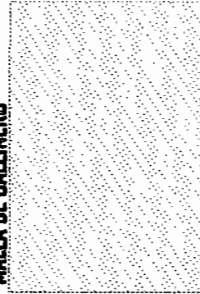
-LA SECCIÓN DE MADERA SUGERIDA SERÁ DE 3"X1.5" EN TODAS LAS PIEZAS.

# PÁNEL 2\* (VENTANA)

PIEZA DE MADERA 0.86m. (3"x1.5")  
PIEZA DE MADERA 3.00m. (3"x1.5")  
PIEZA DE MADERA 3.00m. (3"x1.5")

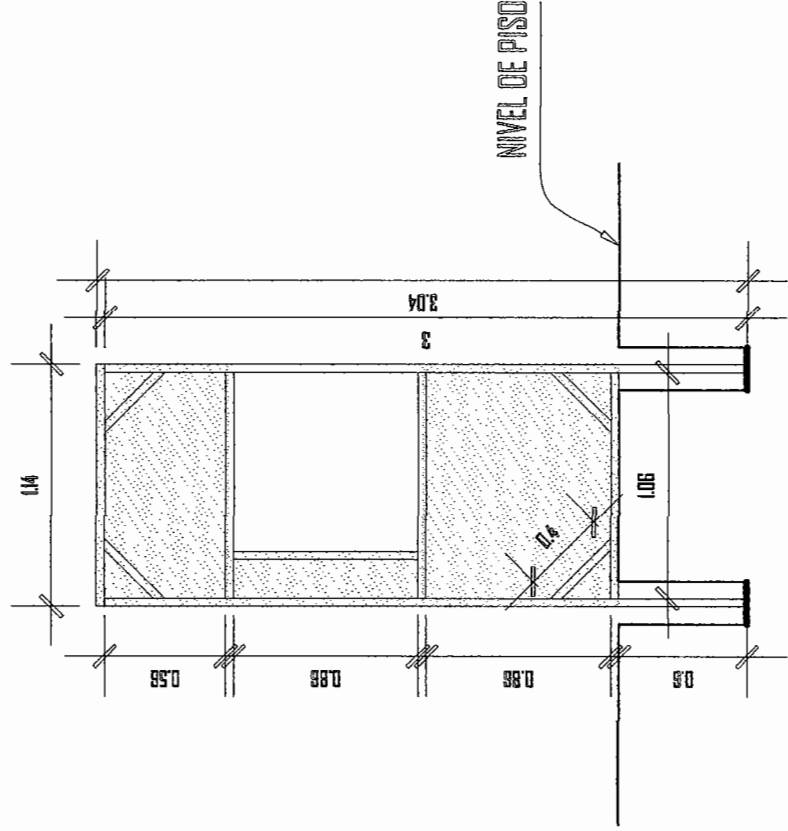
PIEZA DE MADERA 1.14m. (3"x1.5")  
PIEZA DE MADERA 1.06m. (3"x1.5")

MALLA DE GALLINERO



RIGIDIZANTES 0.40 Mts (16") (3"x1.5")

CLAVOS DE 2.5"



# 02

## TIPOS DE PÁNELES



CONTIENE:  
**PROYECTO DE ALBERGUE  
PROGRESIVO**

**MÓDULO BÁSICO - VERSÁTIL I.B.2-**

DISEÑO:  
ARQ.S. LIDYNA CORTÉZ, CATHERINE FON, LUIS MATA  
DIBUJO:  
ARQ. CATHERINE FON ARRIAGA

ESCALA:  
SIN ESCALA  
FECHA:  
JUNIO 2009

A HOJA  
09 /

# 03

## ARMADO DEL TECHO

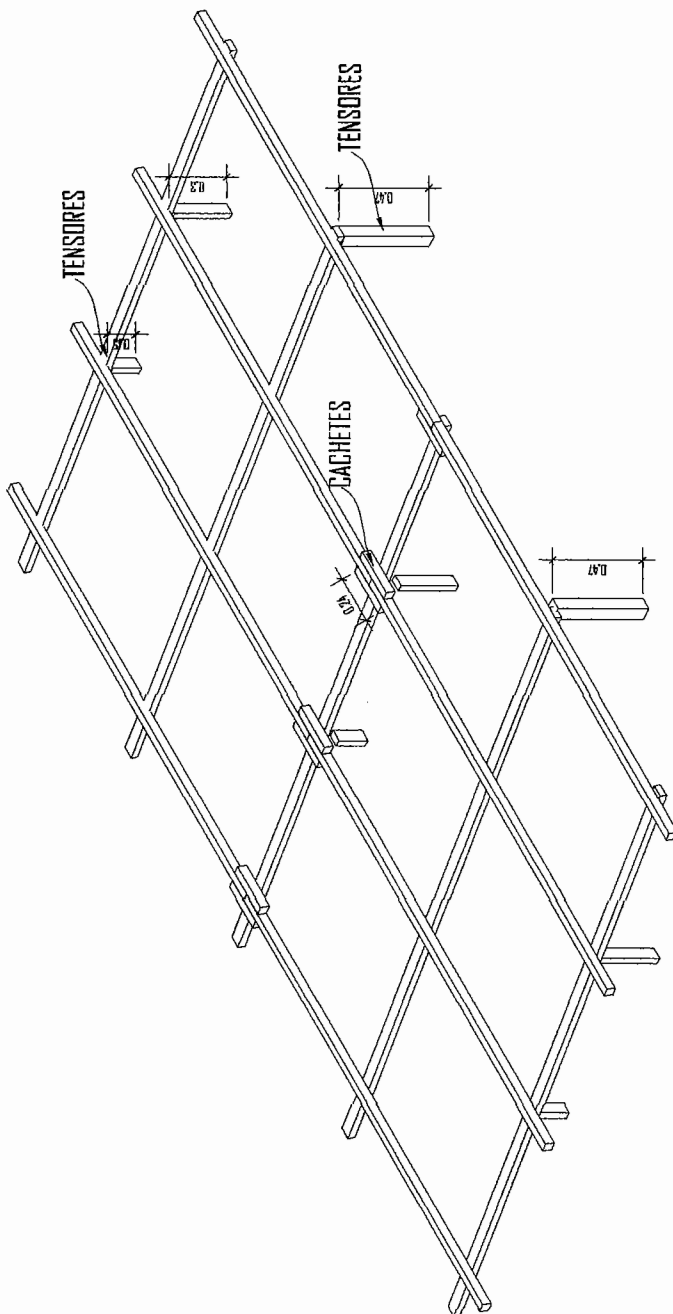


CONTIENE:  
**PROYECTO DE ALBERGUE  
PROGRESIVO**  
**MÓDULO BÁSICO - VERSÁTIL I.B.3-**

DISEÑO:  
ARQ.S. IUDYKA CHREZ, CATHERINE FON, LUIS MATA  
DIBUJO:  
ARQ. CATHERINE FON ARRACA

ESCALA:  
SIN ESCALA  
FECHA:  
JUNIO 2009

A | HOJA  
11 /



# 03

## COLOCACIÓN DE LAMINA



CONTIENE:  
**PROYECTO DE ALBERGUE  
PROGRESIVO**

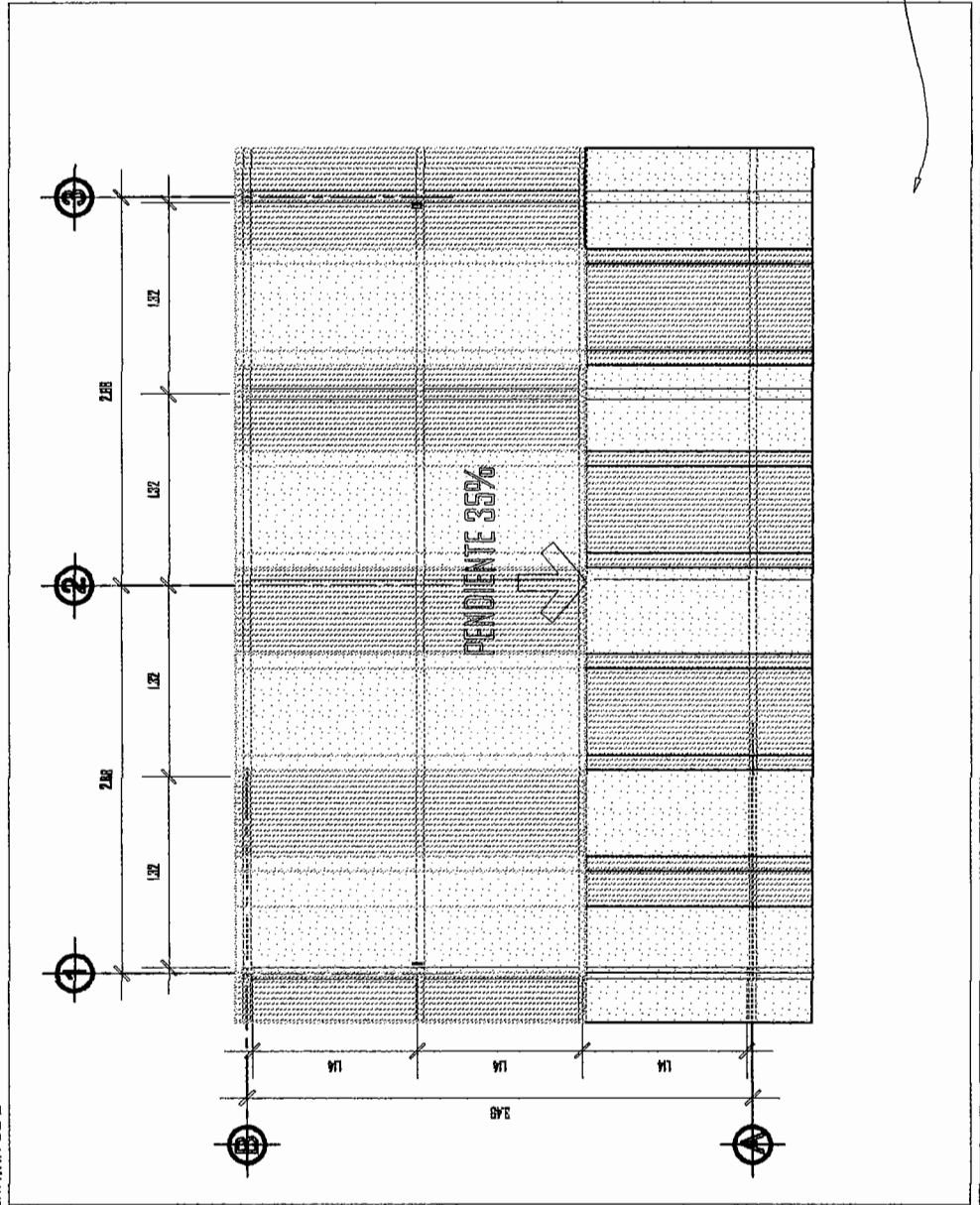
MÓDULO BÁSICO - VERSÁTIL 1.8.3-  
DISEÑO:  
ARQ. LIDYNA CORTÉZ, CATHERINE FERN. LUIS MATA  
DIBUJO:  
ARQ. CATHERINE FERN ARRAGA

ESCALA:  
SIN ESCALA  
FECHA:  
JUNIO 2008

A HOJA  
12 /

### NOTAS:

- SE UTILIZARÁN DOS TIPOS DE LÁMINAS, DE 8 PIES Y DE 6 PIES.
- EL TRASLAPE SERÁ NO MENOR DE 10 cms.
- UTILIZAR CLAVOS DE LÁMINA DE 2"



# 04

## ARMADO DE MÓDULO



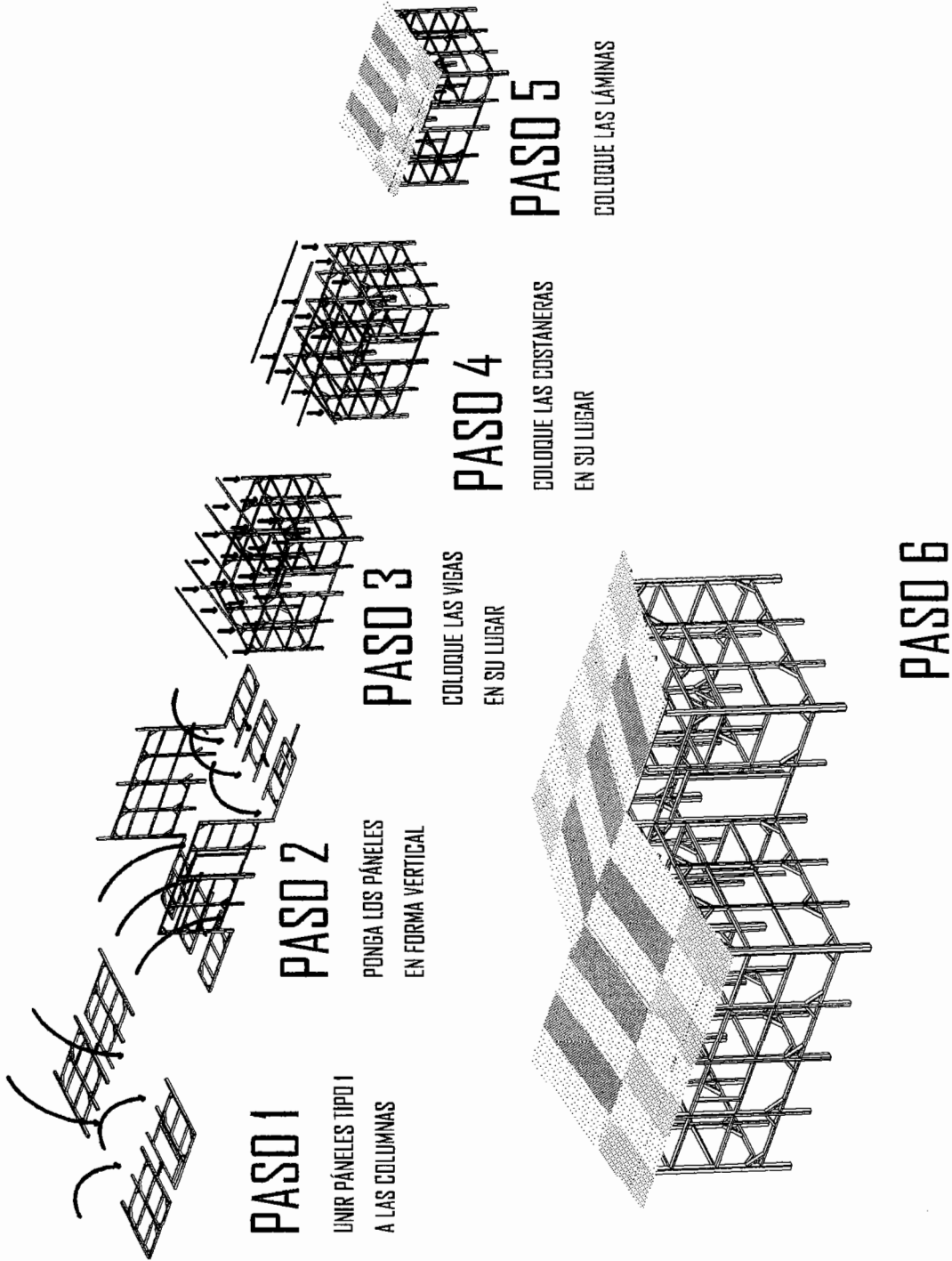
CONTIENE:  
**PROYECTO DE ALBERGUE  
PROGRESIVO**

MÓDULO DOBLE - VERSÁTIL 1.8.3-

DISEÑO:  
ANDRÉS ADOYAN, CORTÉZ, CATHERINE FEIN, LUIS MATA  
DIBUJO:  
ARD, CATHERINE FEIN, ARRAGA

ESCALA:  
SIN ESCALA  
FECHA:  
JUNIO 2008

A HOJA  
13 /



# 04

MÓDULO  
DOBLE  
(36mts<sup>2</sup>)



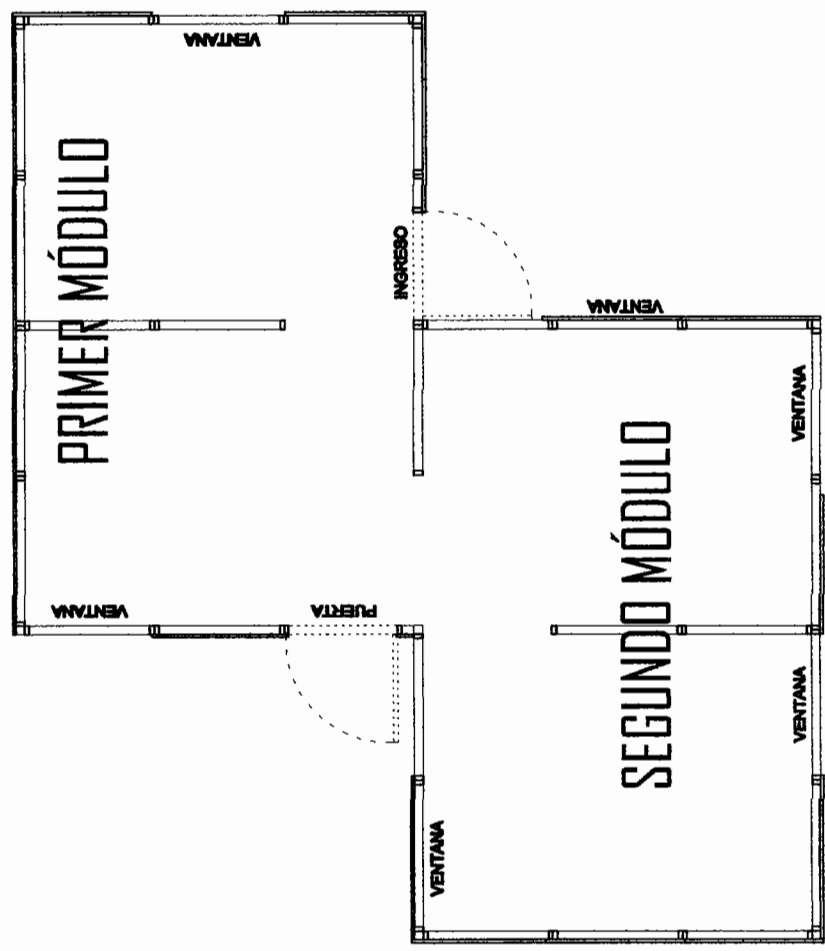
CONTIENE:  
**PROYECTO DE ALBERGUE  
PROGRESIVO**  
MÓDULO DOBLE -VERSÁTIL 1.8.3-

DISEÑO:  
ARQ. LIDYNA CORTÉZ, CATHERINE FON, LUIS MATA  
DIBUJO:  
ARQ. CATHERINE FON ARRIAGA

ESCALA:  
SIN ESCALA  
FECHA:  
JUNIO 2008

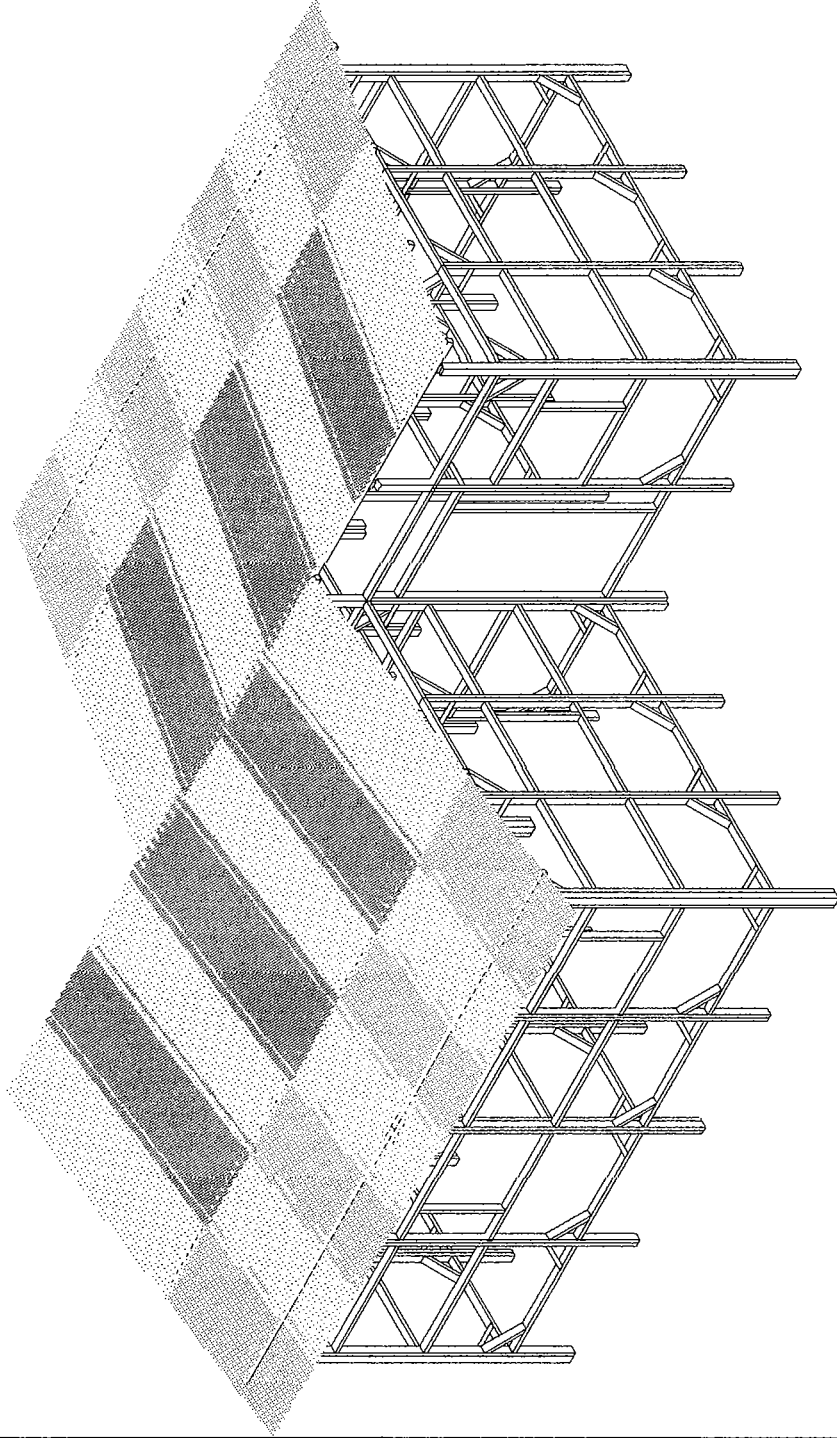
A HOJA  
14 /

COLOCACIÓN DE DOS MÓDULOS BÁSICOS (36mts<sup>2</sup>)



# 04

MÓDULO  
DOBLE  
(36mts<sup>2</sup>)



**INDIS**  
Instituto de Investigación en Diseño  
Universidad Rafael Landívar

CONTIENE:  
**PROYECTO DE ALBERGUE  
PROGRESIVO**

**MÓDULO DOBLE -VERSÁTIL 1.B.3-**

DISEÑO:  
ARIUS, LIDYNA, CORTÉZ, CATHERINE FON, LUIS MATA  
DIBUJO:  
AROL, CATHERINE, FON, ARRIAGA

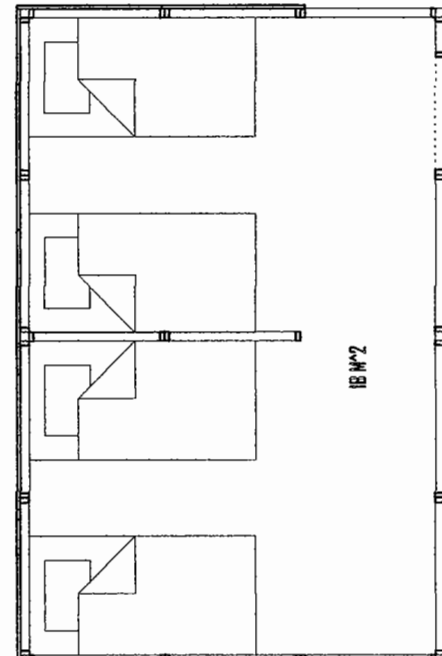
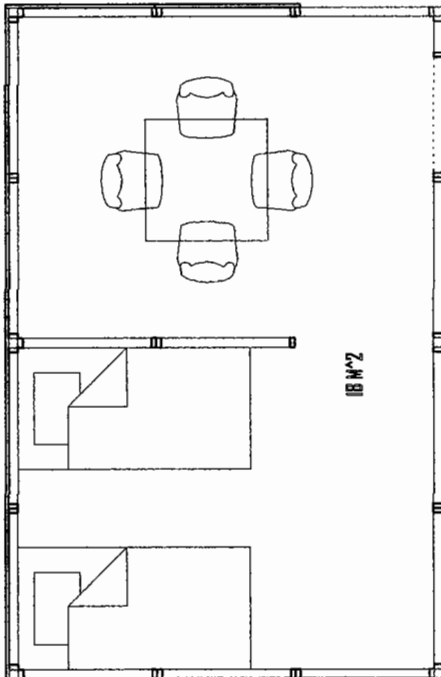
ESCALA:  
SIN ESCALA  
FECHA:  
JUNIO 2008

A HOJA  
15 /

# 05

## USO DE LOS ESPACIOS

DURANTE EL DÍA SE PUEDE HABILITAR UNO DE LOS COMPARTIMENTOS CON USO DE ÁREA SOCIAL.



DURANTE LA NOCHE SE H ABILITAN AMBOS COMPARTIMENTOS PARA DORMIR.



CONTIENE:  
**PROYECTO DE ALBERGUE PROGRESIVO**  
MÓDULO DOBLE -VERSÁTIL 1.8.3-

DISEÑO:  
ARIAS, ILOPNA, CORTÉZ, CATHERINE FON, LUIS MATA  
DIBUJO:  
ARQ. CATHERINE FON ARRIAGA

ESCALA:  
SIN ESCALA  
FECHA:  
JUNIO 2008

A HOJA  
16 /