

**UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**



**TESIS**

**ANÁLISIS COMPARATIVO APLICANDO EL SOFTWARE ROBOT  
STRUCTURAL ANALYSIS Y ETABS PARA EVALUAR EL  
COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL DE VIVIENDAS  
AUTOCONSTRUIDAS**

**Línea de investigación: Nuevas Tecnologías y Procesos.**

**PRESENTADO POR:**

**BACH. ANIBAL HUARACA RAMOS**

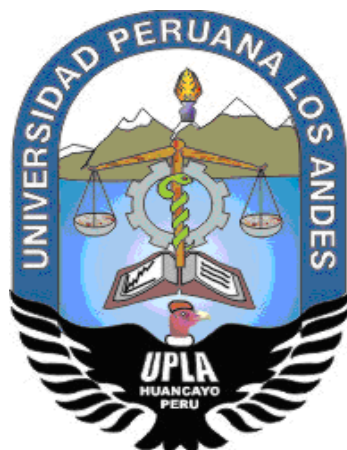
**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

**INGENIERO CIVIL**

**Huancayo – Perú**

**2018**

**UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**



**TESIS**

**ANÁLISIS COMPARATIVO APLICANDO EL SOFTWARE ROBOT  
STRUCTURAL ANALYSIS Y ETABS PARA EVALUAR EL  
COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL DE VIVIENDAS  
AUTOCONSTRUIDAS**

**Línea de investigación: Nuevas Tecnologías y Procesos.**

**PRESENTADO POR:**

**BACH. ANIBAL HUARACA RAMOS.**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

**INGENIERO CIVIL**

**Huancayo – Perú**

**2018**

## HOJA DE CONFORMIDAD DE MIEMBROS DEL JURADO

---

Dr. Casio Aurelio Torres López.  
Presidente

---

Ing. Jeannelle Sofía Herrera Montes  
Jurado revisor

---

Ing. Christian Mallaupoma Reyes  
Jurado revisor

---

Ing. Julio Fredy Porras Mayta  
Jurado revisor

---

Mg. Miguel Ángel Carlos Canales.  
Secretario docente

Dr. Viera Peralta, Deybe Eryn.

**Asesor Metodológico**

Ing. Mueras Gutierrez, María Luisa.

**Asesor Temático**

**Dedicatoria**

A Dios por el día a día que me permite seguir adelante y protege de todo.

De la misma manera a mi familia, en especial a mis estimados padres Pedro Huaraca Flores y Martha Ramos Sauñe, por su apoyo incondicional en mi formación profesional.

Huaraca Ramos, Anibal.

### **Agradecimiento**

A Dios por ser guía en todo momento.

A mis padres, hermanos y hermana por sus consejos apoyo constante en todo momento y aliento a lo largo de toda mi vida.

Un agradecimiento especial también a la Universidad Peruana los Andes, a la Escuela Profesional de Ingeniería Civil por su ardua labor de formadores de profesionales de calidad.

Huaraca Ramos, Anibal.

## ÍNDICE

<b>ÍNDICE DE TABLAS</b>	<b>xi</b>
<b>ÍNDICE DE FIGURAS</b>	<b>xiv</b>
<b>RESUMEN</b>	<b>xxi</b>
<b>ABSTRACT</b>	<b>xxii</b>
<b>INTRODUCCIÓN</b>	<b>xxiii</b>
<b>CAPÍTULO I</b>	<b>25</b>
<b>EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN</b>	<b>25</b>
1.1. Planteamiento del problema	25
1.2. Formulación y sistematización del problema	26
1.2.1. Problema general	26
1.2.2. Problemas específicos	26
1.3. Justificación	27
1.3.1. Práctica o social	27
1.3.2. Metodológica	27
1.4. Delimitaciones	28
1.4.1. Espacial	28
1.4.2. Temporal	28
1.4.3. Económica	28
1.5. Limitaciones	28
1.5.1. Temporal	28
1.5.2. Tecnológica	28
1.6. Objetivos	29
1.6.1. Objetivo general	29
1.6.2. Objetivos específicos	29
<b>CAPÍTULO II</b>	<b>30</b>
<b>MARCO TEÓRICO</b>	<b>30</b>
2.1. Antecedentes	30
2.1.1. Antecedentes nacionales	30
2.1.2. Antecedentes internacionales	33
2.2. Marco conceptual	36
2.2.1. Aplicación de software en el ejercicio del análisis y diseño estructural	36
2.2.2. Robot Structural Analysis	37

2.2.3. Etabs	39
2.2.4. Análisis estructural	40
2.2.5. Consideraciones generales para el análisis	42
2.2.6. Análisis estático o de fuerzas estáticas equivalentes.	46
2.2.7. Análisis dinámico modal espectral	48
2.2.8. Diseño estructural	49
2.2.9. Viviendas autoconstruidas	54
2.2.10. Reforzamiento tradicional existente	55
2.3. Definición de términos	57
2.4. Bases legales	60
2.5. Hipótesis	60
2.5.1. Hipótesis general	60
2.5.2. Hipótesis específicas	61
2.6. Variables	61
2.6.1. Definición conceptual de las variables	61
2.6.2. Definición operacional de las variables	62
2.6.3. Operacionalización de variables	62
<b>CAPITULO III</b>	<b>63</b>
<b>METODOLOGÍA</b>	<b>63</b>
3.1. Método de investigación	63
3.2. Tipo de investigación	63
3.3. Nivel de investigación	63
3.4. Diseño de investigación	64
3.5. Población y muestra	64
3.5.1. Población	64
3.5.2. Muestra	64
3.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos	64
3.6.1. Observación directa	64
3.6.2. Recopilación de datos	64
3.6.3. Análisis de documentos	65
3.7. Procesamiento de la información	65
3.7.1. Campo:	65



3.7.2. Gabinete	65
3.8. Técnicas y análisis de datos	67
<b>CAPÍTULO IV</b>	<b>68</b>
<b>RESULTADOS</b>	<b>68</b>
4.1. Análisis estático aplicando el software Robot Structural y Etabs	68
4.1.1. Cortante estática en la base	68
4.1.1. Distribución de fuerzas en altura	69
4.1.2. Desplazamiento lateral	70
4.2. Análisis dinámico aplicando el software Robot Structural y Etabs	72
4.2.1. Cortante dinámico en la base	72
4.2.2. Periodo fundamental de vibración	74
4.2.3. Desplazamiento lateral	75
4.2.4. Fuerzas internas por los estados de carga	77
4.3. Diseño estructural aplicando el software Robot Structural y Etabs	79
4.4. Propuesta de Refuerzo Sísmico	80
4.4.1. Refuerzo incorporando muros de concreto armado	80
4.4.2. Muros reforzados con malla electrosoldada	81
<b>CAPÍTULO V</b>	<b>83</b>
<b>DISCUSIÓN DE RESULTADOS</b>	<b>83</b>
5.1. Análisis estático aplicando el software Robot Structural y Etabs	83
5.2. Análisis dinámico aplicando el software Robot Structural y Etabs	84
5.3. Diseño estructural aplicando el software Robot Structural y Etabs	86
<b>CONCLUSIONES</b>	<b>87</b>
<b>RECOMENDACIONES</b>	<b>89</b>
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	<b>90</b>
<b>ANEXOS</b>	<b>92</b>
<b>ANEXO N° 01: MATRIZ DE CONSISTENCIA</b>	<b>93</b>
<b>ANEXO N° 02: INSTRUMENTO DE INVESTIGACIÓN</b>	<b>95</b>
<b>ANEXO N° 03: DESARROLLO DEL PROCEDIMIENTO DE ANÁLISIS Y DISEÑO ESTRUCTURAL</b>	<b>97</b>
<b>ANEXO N° 04: VALIDACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN</b>	<b>161</b>
<b>ANEXO N° 05: CERTIFICADOS DE ENSAYOS</b>	<b>164</b>

<b>ANEXO N° 06: PANEL FOTOGRÁFICO</b>	<b>186</b>
<b>ANEXO N° 07: PLANOS</b>	<b>188</b>
<b>ANEXO N° 08: OTROS DOCUMENTOS DE IMPORTANCIA</b>	<b>194</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Pesos unitarios de materiales.	41
<b>Tabla 2.</b> Pesos unitarios de aligerados.	41
<b>Tabla 3.</b> Carga viva repartida	41
<b>Tabla 4.</b> Factores de Zona “Z”.	43
<b>Tabla 5.</b> Perfiles de suelo.	43
<b>Tabla 6.</b> Factor de suelo.	44
<b>Tabla 7.</b> Periodos de vibración.	44
<b>Tabla 8.</b> Factor de amplificación sísmica.	44
<b>Tabla 9.</b> Categoría de la edificación y Factor de uso.	45
<b>Tabla 10.</b> Sistemas estructurales.	45
<b>Tabla 11.</b> Límites de distorsión de entrepisos	49
<b>Tabla 12.</b> Factores de reducción de resistencia ACI.	50
<b>Tabla 13.</b> Operacionalización de variables.	62
<b>Tabla 14.</b> Comparación de la cortante estática en la base.	68
<b>Tabla 15.</b> Comparación de la distribución de fuerza estática en altura.	69
<b>Tabla 16.</b> Comparación de desplazamientos máximos por sismo estático.	70
<b>Tabla 17.</b> Comparación del control de deriva por sismo estático X.	71
<b>Tabla 18.</b> Comparación del control de deriva por sismo estático Y.	71
<b>Tabla 19.</b> Comparación de la cortante dinámica en la base.	72
<b>Tabla 20.</b> Comparación de fuerza cortante mínima en la base en dirección X.	73
<b>Tabla 21.</b> Comparación de fuerza cortante mínima en la base en dirección Y.	73
<b>Tabla 22.</b> Periodo fundamental, frecuencia y masa participativa en Robot.	74
<b>Tabla 23.</b> Periodo fundamental, frecuencia y masa participativa en Etabs.	74
<b>Tabla 24.</b> Comparación de desplazamientos máximos por sismo dinámico.	75

<b>Tabla 25.</b> Comparación del control de deriva por sismo dinámico X.	77
<b>Tabla 26.</b> Comparación del control de deriva por sismo dinámico Y.	77
<b>Tabla 27.</b> Comparación de las reacciones debido a carga muerta total.	77
<b>Tabla 28.</b> Comparación de las reacciones debido a carga viva.	78
<b>Tabla 29.</b> Comparación de las reacciones debido a Sismo en X & Y.	78
<b>Tabla 30.</b> Control de deriva debido al reforzamiento en dirección X.	80
<b>Tabla 31.</b> Control de deriva debido al reforzamiento en dirección Y.	81
<b>Tabla 32.</b> Valores de carga muerta a asignar	108
<b>Tabla 33.</b> Peso sísmico total de la edificación.	118
<b>Tabla 34.</b> Verificación de la Cortante estático en la base en Robot.	118
<b>Tabla 35.</b> Distribución de fuerzas sísmicas estática en altura en Robot.	119
<b>Tabla 36.</b> Control de deriva por sismo estático X en Robot.	120
<b>Tabla 37.</b> Control de deriva por sismo estático Y en Robot.	121
<b>Tabla 38.</b> Control de deriva por sismo dinámico X en Robot.	124
<b>Tabla 39.</b> Control de deriva por sismo dinámico Y en Robot.	124
<b>Tabla 40.</b> Irregularidad de rigidez en dirección X.	146
<b>Tabla 41.</b> Irregularidad de rigidez en dirección Y.	146
<b>Tabla 42.</b> Irregularidad de resistencia en la dirección X.	146
<b>Tabla 43.</b> Irregularidad de resistencia en la dirección Y.	147
<b>Tabla 44.</b> Irregularidad de masa en dirección X & Y.	147
<b>Tabla 45.</b> Resumen de irregularidades en altura.	148
<b>Tabla 46.</b> Irregularidad de torsional en dirección X.	148
<b>Tabla 47.</b> Irregularidad de torsional en dirección Y.	148
<b>Tabla 48.</b> Resumen de irregularidades en planta.	149

<b>Tabla 49.</b> Peso sísmico total de la edificación.	149
<b>Tabla 50.</b> Distribución de fuerza sísmica estática en altura en Etabs.	150
<b>Tabla 51.</b> Control de deriva por sismo estático X en Etabs.	151
<b>Tabla 52.</b> Control de deriva por sismo estático Y en Etabs.	151
<b>Tabla 53.</b> Control de deriva por sismo dinámico X en Etabs.	154
<b>Tabla 54.</b> Control de deriva por sismo dinámico Y en Etabs.	154
<b>Tabla 55.</b> Densidad de muros reforzados.	159

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Zonificación sísmica para el Perú.	42
<b>Figura 2.</b> Diagrama de interacción.	54
<b>Figura 3.</b> Vivienda por falla de piso blando.	56
<b>Figura 4.</b> Vista de la vivienda autoconstruida analizar.	65
<b>Figura 5.</b> Comparación de la cortante estática en la base en dirección X & Y.	68
<b>Figura 6.</b> Comparación de la distribución de fuerzas estáticas en altura.	69
<b>Figura 7.</b> Comparación de desplazamientos máximos por sismo estático X.	70
<b>Figura 8.</b> Comparación de desplazamientos máximos por sismo estático Y.	71
<b>Figura 9.</b> Comparación de la cortante dinámica en la base en dirección X.	72
<b>Figura 10.</b> Comparación de la cortante dinámica en la base en dirección Y.	73
<b>Figura 11.</b> Comparación de los periodos por cada modo de vibración.	75
<b>Figura 12.</b> Comparación de desplazamiento máximo por sismo dinámico X.	76
<b>Figura 13.</b> Comparación de desplazamiento máximo por sismo dinámico Y.	76
<b>Figura 14.</b> Planta propuesta de refuerzo sísmico.	80
<b>Figura 15.</b> Detalle de acero de muro de concreto incorporada.	80
<b>Figura 16.</b> Muros reforzados con malla electrosoldada.	81
<b>Figura 17.</b> Detalle de muros reforzados con malla electrosoldada.	82
<b>Figura 18.</b> Elección del tipo de estructura en Robot.	98
<b>Figura 19.</b> Configuración de idiomas en Robot.	98
<b>Figura 20.</b> Configuración de unidades en Robot.	99
<b>Figura 21.</b> Modificar lista de materiales en Robot.	99
<b>Figura 22.</b> Definición del material de acero en Robot.	100
<b>Figura 23.</b> Definición del material de concreto en Robot.	100
<b>Figura 24.</b> Definición del material de albañilería en Robot.	100

<b>Figura 25.</b> Definición de normas de diseño en Robot.	101
<b>Figura 26.</b> Definición de norma de cargas en Robot.	101
<b>Figura 27.</b> Definición de las grillas y las alturas de los pisos en Robot.	102
<b>Figura 28.</b> Creación de secciones para viga en Robot.	102
<b>Figura 29.</b> Creación de secciones para columna en Robot.	102
<b>Figura 30.</b> Creación de sección para losa en Robot.	103
<b>Figura 31.</b> Dibujo de elementos columnas en Robot.	103
<b>Figura 32.</b> Dibujo de elementos vigas en Robot.	104
<b>Figura 33.</b> Dibujo de losas como diafragma rígido en Robot.	104
<b>Figura 34.</b> Dibujo de muro en Robot.	105
<b>Figura 35.</b> Multiniveles de pisos en Robot.	105
<b>Figura 36.</b> Visualización tridimensional en Robot.	105
<b>Figura 37.</b> Restricciones asignadas en la base en Robot.	106
<b>Figura 38.</b> Definición del tipo de carga permanente en Robot.	106
<b>Figura 39.</b> Resumen de la definición de tipos de carga en Robot.	106
<b>Figura 40.</b> Carga lateral convertidas (PP+CM) en dirección X en Robot.	107
<b>Figura 41.</b> Carga lateral convertidas (CV y CVT) en dirección X en Robot.	107
<b>Figura 42.</b> Carga lateral convertidas en dirección Y en Robot.	108
<b>Figura 43.</b> Asignar cargas muertas distribuida en losas en Robot.	109
<b>Figura 44.</b> Asignar cargas vivas en losas en Robot.	109
<b>Figura 45.</b> Menú de conversión de cargas a masas en Robot.	109
<b>Figura 46.</b> Conversión de cargas muertas y vivas a masas en Robot.	110
<b>Figura 47.</b> Creación de caso modal en Robot.	110
<b>Figura 48.</b> Parámetros de análisis modal en Robot.	111

<b>Figura 49.</b> Calculo manual del espectro de respuesta.	112
<b>Figura 50.</b> Definición del espectro en dirección X en Robot.	113
<b>Figura 51.</b> Espectro de diseño importado en la dirección X en Robot.	113
<b>Figura 52.</b> Definición de la dirección del espectro en Robot.	114
<b>Figura 53.</b> Definición del espectro en la dirección Y en Robot.	114
<b>Figura 54.</b> Creación de combinaciones manuales en Robot.	115
<b>Figura 55.</b> Combinaciones de cargas ingresadas en Robot.	115
<b>Figura 56.</b> Icono de opciones de mallado en Robot.	115
<b>Figura 57.</b> Mallado automático de la estructura en Robot.	116
<b>Figura 58.</b> Generación del mallado en Robot.	116
<b>Figura 59.</b> Verificación de la estructura en Robot.	116
<b>Figura 60.</b> Cortante estático en la base en la dirección X en Robot.	118
<b>Figura 61.</b> Cortante estático en la base en la dirección Y en Robot.	119
<b>Figura 62.</b> Desplazamiento máximo por sismo estático X en Robot.	119
<b>Figura 63.</b> Desplazamiento máximo por sismo estático Y en Robot.	120
<b>Figura 64.</b> Desplazamiento lateral por sismo estático X en Robot.	120
<b>Figura 65.</b> Desplazamiento lateral por sismo estático Y en Robot.	121
<b>Figura 66.</b> Cortante dinámico en la base en dirección X en Robot.	121
<b>Figura 67.</b> Cortante dinámico en la base en dirección Y en Robot.	122
<b>Figura 68.</b> Periodos, frecuencias y masas participativas en Robot.	122
<b>Figura 69.</b> Centros de masas y rigideces en Robot.	122
<b>Figura 70.</b> Desplazamiento máximo por sismo dinámico X en Robot.	123
<b>Figura 71.</b> Desplazamiento máximo por sismo dinámico Y en Robot.	123
<b>Figura 72.</b> Desplazamiento lateral por sismo dinámico X en Robot.	123



<b>Figura 73.</b> Desplazamiento lateral por sismo dinámico Y en Robot.	124
<b>Figura 74.</b> Ventana principal para visualizar diagramas en Robot.	124
<b>Figura 75.</b> Menú Reacciones en los apoyos en Robot.	125
<b>Figura 76.</b> Reacciones debido a carga muerta total en Robot.	125
<b>Figura 77.</b> Reacciones debido a carga viva en Robot.	126
<b>Figura 78.</b> Reacciones debido a sismo en X en Robot.	126
<b>Figura 79.</b> Reacciones debido a sismo en Y en Robot.	126
<b>Figura 80.</b> Selección de la viga a diseñar en Robot.	127
<b>Figura 81.</b> Selección de las combinaciones manuales en Robot.	127
<b>Figura 82.</b> Sub menú de la vista tridimensional viga a diseñar en Robot.	128
<b>Figura 83.</b> Menú de armado de aceros para vigas en Robot.	128
<b>Figura 84.</b> Diagrama de momento flector de la viga en Robot.	129
<b>Figura 85.</b> Diagrama de esfuerzo cortante de la viga en Robot.	129
<b>Figura 86.</b> Ventana de errores de cálculo de la viga en Robot.	130
<b>Figura 87.</b> Vista tridimensional del armado de viga en Robot.	130
<b>Figura 88.</b> Memoria de cálculo de la viga diseñada en Robot.	130
<b>Figura 89.</b> Plano de ejecución por defecto de la viga en Robot.	131
<b>Figura 90.</b> Selección de la columna a diseñar en Robot.	131
<b>Figura 91.</b> Vista tridimensional de columna a diseñar en Robot.	132
<b>Figura 92.</b> Menú de armado de acero para columna en Robot.	132
<b>Figura 93.</b> Diagrama de interacción y coeficiente de seguridad de columna en Robot.	133
<b>Figura 94.</b> Vista tridimensional del armado de la columna en Robot.	133
<b>Figura 95.</b> Memoria de cálculo de la columna diseñada en Robot.	133

<b>Figura 96.</b> Plano de ejecución por defecto de la columna en Robot.	134
<b>Figura 97.</b> Configuración de unidades y códigos de diseño en Etabs.	134
<b>Figura 98.</b> Definición de las grillas y las alturas de los pisos en Etabs.	135
<b>Figura 99.</b> Definición de propiedades del acero en Etabs.	135
<b>Figura 100.</b> Definición de propiedades del concreto en Etabs.	136
<b>Figura 101.</b> Definición de propiedades de la albañilería en Etabs.	136
<b>Figura 102.</b> Creación de sección para vigas en Etabs.	136
<b>Figura 103.</b> Creación de sección para columnas en Etabs.	137
<b>Figura 104.</b> Creación de sección para losa en Etabs.	137
<b>Figura 105.</b> Creación de sección de muro en Etabs.	137
<b>Figura 106.</b> Dibujo de elementos columnas en Etabs.	138
<b>Figura 107.</b> Dibujo de elementos vigas en Etabs.	138
<b>Figura 108.</b> Dibujo de elementos losa en Etabs.	138
<b>Figura 109.</b> Dibujo de elementos muro en Etabs.	139
<b>Figura 110.</b> Multiniveles de pisos en Etabs.	139
<b>Figura 111.</b> Visualización tridimensional realista en Etabs.	140
<b>Figura 112.</b> Restricciones asignadas en la base en Etabs.	140
<b>Figura 113.</b> Definición casos de carga permanente en Etabs.	140
<b>Figura 114.</b> Definir casos de carga sísmico estático en Etabs.	141
<b>Figura 115.</b> Asignar cargas muertas en las losas en Etabs.	141
<b>Figura 116.</b> Asignar cargas vivas en las losas en Etabs.	141
<b>Figura 117.</b> Entrada de datos para el cálculo del peso en Etabs.	142
<b>Figura 118.</b> Combinaciones de carga generadas en Etabs.	142
<b>Figura 119.</b> Ingreso de modos de vibración en Etabs.	142

<b>Figura 120.</b> Visualización del espectro de diseño importado en Etabs.	143
<b>Figura 121.</b> Definición de caso de carga dinámica en Etabs.	143
<b>Figura 122.</b> Asignar diafragmas rígidos por pisos en Etabs.	144
<b>Figura 123.</b> Asignar brazos rígidos a la estructura en Etabs.	144
<b>Figura 124.</b> Crear mallado en losas en Etabs.	144
<b>Figura 125.</b> Crear mallado en muros en Etabs.	145
<b>Figura 126.</b> Revisión de errores de la estructura en Etabs.	145
<b>Figura 127.</b> Pesos sísmicos por pisos en Etabs.	149
<b>Figura 128.</b> Cortante estático en la base en la dirección X en Etabs.	150
<b>Figura 129.</b> Cortante estático en la base en la dirección Y en Etabs.	150
<b>Figura 130.</b> Desplazamiento máximo por sismo estático X en Etabs.	150
<b>Figura 131.</b> Desplazamiento máximo por sismo estático Y en Etabs.	151
<b>Figura 132.</b> Desplazamiento lateral por sismo estático Y en Etabs.	151
<b>Figura 133.</b> Desplazamiento lateral por sismo estático Y en Etabs.	151
<b>Figura 134.</b> Cortante dinámico en la base en dirección X en Etabs.	152
<b>Figura 135.</b> Cortante dinámico en la base en dirección Y en Etabs.	152
<b>Figura 136.</b> Periodos, frecuencias en Etabs.	152
<b>Figura 137.</b> Masa participativa en Etabs.	152
<b>Figura 138.</b> Centros de masas y rigideces en Etabs.	153
<b>Figura 139.</b> Desplazamiento máximo por sismo dinámico X en Etabs.	153
<b>Figura 140.</b> Desplazamiento máximo por sismo dinámico Y en Etabs.	153
<b>Figura 141.</b> Desplazamiento lateral por sismo dinámico X en Etabs.	153
<b>Figura 142.</b> Desplazamiento lateral por sismo dinámico Y en Etabs.	154
<b>Figura 143.</b> Reacciones debido a carga muerta total en Etabs.	154

<b>Figura 144.</b> Reacciones debido a carga viva en Etabs.	155
<b>Figura 145.</b> Reacciones debido a sismo dinámico en X en Etabs.	155
<b>Figura 146.</b> Reacciones debido a sismo dinámico en Y en Etabs.	155
<b>Figura 147.</b> Área de acero y momento actuante de viga en Etabs.	156
<b>Figura 148.</b> Verificación del diseño de viga en Etabs.	157
<b>Figura 149.</b> Área de acero de columna en Etabs.	157
<b>Figura 150.</b> Diagrama de interacción de la columna en Etabs.	157
<b>Figura 151.</b> Chequeo del área de refuerzo de la columna en Etabs.	158
<b>Figura 152.</b> Puntos del diagrama de interacción de la columna en Etabs.	158
<b>Figura 153.</b> Distribución de muros típico.	159

## RESUMEN

Esta investigación debe responder al problema general: ¿Cuál es el resultado del análisis comparativo aplicando el software Robot Structural Analysis y Etabs para evaluar el comportamiento estructural de viviendas autoconstruidas en el distrito de Pucará, Huancayo, 2017?; siendo el objetivo general: Realizar el análisis comparativo aplicando el software Robot Structural Analysis y Etabs para evaluar el comportamiento estructural de viviendas autoconstruidas en el distrito de Pucará, Huancayo, 2017; y la hipótesis general que debe contrastarse es: El resultado del análisis comparativo aplicando el software Robot Structural Analysis y Etabs presenta deficiente comportamiento estructural de viviendas autoconstruidas en el distrito de Pucará, Huancayo, 2017, no cumpliendo los requerimientos mínimos de la norma peruana.

El método de investigación es el científico, de tipo de investigación aplicada, de nivel descriptivo - correlacional y el diseño de la investigación es no experimental; la población esta conformada por todas las viviendas autoconstruidas en el distrito de Pucará y el muestreo es no probabilístico intencional o dirigido, corresponde a una vivienda autoconstruida ubicado en el Jr. Puno N° 250 distrito de Pucará.

Como conclusión principal se tiene que, la evaluación del comportamiento estructural de una vivienda autoconstruida aplicando el software Robot Structural Analysis y Etabs, no se comporta adecuadamente, no cumpliendo los requerimientos mínimos de las Normas Peruanas (E.030, E.060, E.070).

**Palabras claves:** Análisis comparativo, software Robot Structural Analysis, Etabs, comportamiento estructural, viviendas autoconstruidas.

## ABSTRACT

This investigation must respond to the general problem: What is the result of the comparative analysis applying the software Robot Structural Analysis and Etabs to evaluate the structural behavior of self-built homes in the district of Pucará, Huancayo, 2017?; being the general objective: Carry out the comparative analysis by applying Robot Structural Analysis software and Etabs to evaluate the structural behavior of self-built homes in the district of Pucará, Huancayo, 2017; and the general hypothesis that must be contrasted is: The result of the comparative analysis applying the Robot Structural Analysis and Etabs software presents a deficient structural behavior of self-built homes in the district of Pucará, Huancayo, 2017, not meeting the minimum requirements of the Peruvian standard.

The research method is the scientific one, of the applied research type, of a descriptive - correlational level and the design of the research is non experimental; The population is made up of all the self-built homes in the district of Pucará and the sampling is intentional or directed non-probabilistic, corresponds to a self-built housing located in the Jr. Puno No. 250 district of Pucará.

As a main conclusion, the evaluation of the structural behavior of a self-built dwelling using Robot Structural Analysis and Etabs software does not behave properly, not meeting the minimum requirements of the Peruvian Standards (E.030, E.060, E. 070).

**Keywords:** Comparative analysis, Robot Structural Analysis software, Etabs, structural behavior, self-built housing.

## INTRODUCCIÓN

El presente trabajo de investigación, tiene como finalidad realizar el análisis y diseño estructural aplicando una nueva herramienta de la casa de Autodesk, denominado Robot Structural Analysis; para evaluar el comportamiento estructural de viviendas autoconstruidas en el distrito de Pucará – Huancayo; y para verificar que los resultados sean versátiles, se comparó con el software más usado en nuestro medio Etabs (SCI); iniciando con la modelación de la estructura (Pre-procesamiento), dando paso al procesamiento numérico de los datos (Procesamiento) y por último el análisis de los resultados (Post procesamiento), todo en base a las normas peruanas (E.020, E.030 y E060), también con el apoyo de la norma internacional ACI 318. Para esto se ha considerado los siguientes capítulos:

El Capítulo I, explica el problema de investigación conformado por el planteamiento del problema, la formulación y sistematización del problema, la justificación, la delimitación de la investigación, las delimitaciones, limitaciones y los objetivos de la investigación.

El Capítulo II, consiste sobre el marco teórico, los antecedentes tanto nacional e internacional, el marco conceptual, la definición de términos, las hipótesis y las variables.

El Capítulo III, se presenta la metodología considerando el método de la investigación, el tipo de investigación, el nivel de investigación, el diseño de investigación; asimismo se consigna la población y muestra, las técnicas e instrumentos de recolección, el procesamiento de la información tanto en pre

campo, campo, gabinete y elaboración de informe, las técnicas y análisis de datos.

El Capítulo IV, trata sobre los resultados de la investigación en base a los objetivos planteados.

El Capítulo V, trata sobre la discusión de los resultados.

Culminando esta investigación está las conclusiones, recomendaciones, referencias bibliográficas y anexos.

Huaraca Ramos, Anibal.



# **CAPÍTULO I**

## **EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN**

### **1.1. Planteamiento del problema**

La tecnología de la ingeniería estructural, avanza desde hace años a ser cada vez más eficiente y dar respuesta más rápidos a los problemas de la sociedad, por lo que se requiere buscar nuevas alternativas tecnológicas que permitan potencializar los trabajos.

Vemos la necesidad de dar a conocer una nueva herramienta de cálculo estructural que optimicen tiempos y costos; implementando el software Robot Analysis Structural, ofrece una gran ventaja en cuanto a la configuración del idioma deseado a trabajar, como también nos permite realizar el armado detallado de los aceros en el mismo software y pudiendo visualizar la armadura tridimensional de manera real y la obtención de los planos; además que se integra con softwares de tecnología BIM (Building Integration Modeling).

El Perú se encuentra en una región sísmicamente muy activa (El cinturón de fuego del pacífico), por consiguiente, la región Junín presenta tres fallas

geográficas, la de Huaytapallana (Huancayo), Gran Pajonal (Satipo) y Ricrán (Jauja) que podrían ser perjudiciales; es necesario evaluar el comportamiento de las viviendas con mayor riesgo que son las autoconstruidas. Con los resultados se busca plantar soluciones de reforzamientos para aumentar la resistencia de las viviendas.

Además, el índice de viviendas autoconstruidas ha crecido en los últimos años en el distrito de Pucará – Huancayo, donde la mayoría de sus construcciones son de albañilería confinada, considerada en nuestro medio como “material noble”. Debido a la escasa situación económica, los pobladores no cuentan con la posibilidad de contratar un profesional y construyen sus viviendas de manera informal, sin planos estructurados, sin asistencia técnica, con material de baja calidad y un mal proceso constructivo.

## **1.2. Formulación y sistematización del problema**

### **1.2.1. Problema general**

¿Cuál es el resultado del análisis comparativo aplicando el software Robot Structural Analysis y Etabs para evaluar el comportamiento estructural de viviendas autoconstruidas en el distrito de Pucará, Huancayo, 2017?

### **1.2.2. Problemas específicos**

a) ¿Cuál es el análisis estático aplicando el software Robot Structural Analysis y Etabs para evaluar el comportamiento estructural de viviendas autoconstruidas?

- b) ¿Cuál es el análisis dinámico aplicando el software Robot Structural Analysis y Etabs para evaluar el comportamiento estructural de viviendas autoconstruidas?
- c) ¿Cuál es el diseño estructural aplicando el software Robot Structural Analysis y Etabs para evaluar el comportamiento estructural de viviendas autoconstruidas?

### **1.3. Justificación**

#### **1.3.1. Práctica o social**

La presente investigación se realiza con el propósito de evaluar el comportamiento de las viviendas autoconstruidas, así garantizar la seguridad de las personas ante la posible ocurrencia de un sismo de considerables proporciones y plantear soluciones de reforzamiento de las estructuras.

#### **1.3.2. Metodológica**

Esta investigación propone desarrollar un método para evaluar el comportamiento estructural de viviendas autoconstruidas, siguiendo las etapas, de pre procesamiento, procesamiento y pos procesamiento, mediante una nueva herramienta de cálculo estructural, denominado Robot Structural Analysis; la metodología utilizada servirá para investigaciones análogas y con aplicación a otros temas.

## **1.4. Delimitaciones**

### **1.4.1. Espacial**

La investigación se desarrolló en el barrio 28 de Julio del distrito de Pucará, provincia Huancayo, región Junín.

### **1.4.2. Temporal**

El estudio se delimitó temporalmente al año 2017, en los meses de setiembre a diciembre se realizó la elaboración del proyecto de tesis, asimismo para demostrar los resultados del estudio.

### **1.4.3. Económica**

El costo total del proyecto de investigación considerando servicios (viáticos, ensayos) e insumos (impresiones, copias, ploteos) fue cubierto por el investigador.

## **1.5. Limitaciones**

### **1.5.1. Temporal**

No se pudo realizar la investigación en más de una vivienda, por motivos de tiempo y por el acceso libre a la zona de estudio para la toma de datos.

### **1.5.2. Tecnológica**

La carencia de material bibliográfica y de capacitación en nuestro medio de la utilización del software Robot Structural Analysis.

## **1.6. Objetivos**

### **1.6.1. Objetivo general**

Realizar el análisis comparativo aplicando el software Robot Structural Analysis y Etabs para evaluar el comportamiento estructural de viviendas autoconstruidas en el distrito de Pucará, Huancayo, 2017.

### **1.6.2. Objetivos específicos**

- a) Determinar el análisis estático aplicando el software Robot Structural Analysis y Etabs para evaluar el comportamiento estructural de viviendas autoconstruidas.
- b) Establecer el análisis dinámico aplicando el software Robot Structural Analysis y Etabs para evaluar el comportamiento estructural de viviendas autoconstruidas.
- c) Verificar el diseño estructural aplicando el software Robot Structural Analysis y Etabs para evaluar el comportamiento estructural de viviendas autoconstruidas.

## CAPÍTULO II

### MARCO TEÓRICO

#### 2.1. Antecedentes

##### 2.1.1. Antecedentes nacionales

**Taboada y De Izcue (2009)**, en su tesis titulada “Análisis y Diseño de Edificios asistido por computadoras”, tesis para optar al grado de Ingeniero Civil, Perú; llega a las conclusiones:

1. Al utilizar programas de cómputo se reduce los tiempos de modelado y se pueden modificar de manera rápida. Sin embargo, la versatilidad de los resultados está en función de un modelo que se asemeja al comportamiento real de la estructura.
2. Para el diseño de las columnas y muros en el programa Etabs, utiliza un sub programa, que es el Diseñador se Secciones, que facilitan la obtención de diagramas de interacción de las secciones transversales.
3. En el diseño de las vigas, el software calcula las cargas por el método de área tributaria, por lo que los resultados son posibles

obtener directamente del diseño automático (áreas o cuantías de acero).

4. La norma peruana no está contemplada dentro del software Etabs, pero es posible obtener los mismos resultados que al diseñar con ésta, si se selecciona el código ACI 318-99 para el diseño y se especifica que los elementos son del tipo "Ordinario" (sway ordinary).

**Guevara y Vera (2013)**, en su tesis titulada "Diseño de un Edificio de Concreto Armado de 6 pisos con semisotano para un Hotel-Restaurant-Ubicado en el Distrito de Nuevo Chimbote, Provincia Santa", tesis para optar al grado de Ingeniero Civil, Perú; llega a las conclusiones:

1. La utilización del software Etabs mejora el diseño en concreto armado al darle mayor precisión y no sobre reforzando ni sobredimensionando los elementos resistentes. Sin embargo, se debería verificar la versatilidad de los resultados ya que la incorrecta utilización del software podría tener consecuencias graves en el diseño.
2. El diseño de los elementos estructurales se realiza por el método por Resistencia. Este método permite ajustar los factores de carga (factores de amplificación). Como también, se ajustan los factores de reducción de resistencia ( $f$ ) y la resistencia misma ( $R$ ) en cada caso.

3. Para cada elemento estructural, la resistencia real debe ser lo suficientemente elevada para resistir, siempre con un margen de reserva, todas las cargas previsibles que pueden actuar sobre los elementos durante la vida de la estructura, evitando que pueda poner en riesgo la estabilidad global de la estructura.

**(Vera, 2017)**, en su tesis titulada “Evaluación del comportamiento estructural de una vivienda autoconstruida el año 2012, sector Camino Real II, calle Tres Marías-provincia de Jaén”, tesis para optar al grado de Ingeniero Civil, Cajamarca - Perú; llega a las conclusiones:

1. Después de evaluar el comportamiento de la vivienda autoconstruida, se concluye que no cumple con los requerimientos exigidos por la Norma Peruana E – 030.
2. El resultado de la cortante dinámica basal fue de 193.76Ton. en la dirección X-X y 220.05Ton. en la dirección Y-Y, y la cortante estático basal fue de 242.513Ton., cumpliendo con la cortante dinámica mínima (80% Vest), en la dirección Y-Y, mientras que en la dirección X-X, no cumple el requerimiento de la norma, por lo que será necesario escalar estas fuerzas dinámicas.
3. Se obtuvo deriva máxima de 0.008 y un desplazamiento máximo de 1.79 cm. En la dirección X-X, no cumple con la deriva máxima establecida para albañilería confinada según la Norma E.030, por lo que fallará la estructura por efectos de rigidez, mientras que en



la dirección Y-Y, si cumple con los parámetros de la norma (deriva máxima 0.001).

4. Los comportamientos estructurales de estas viviendas autoconstruidas son muy deficientes, por lo que no cumplen los requisitos mínimos que las normas, por lo que será indispensable reforzar la estructura para evitar daños considerables ante un evento sísmico.

### **2.1.2. Antecedentes internacionales**

**Quinchiguango y Taco (2016)**, en su investigación titulada “Análisis Estructural de una edificación de hormigón armado a través del Software Robot Analysis Structural”, tesis para optar al grado de Ingeniero Civil, Ecuador; llega a las conclusiones:

1. En el software Robot Structural a la hora de calcular los pesos propios, no resta la parte de las losas que se traslapa con las vigas, por lo que, el resultado debido a cargas muertas es más conservador respecto a la generada en Etabs; obteniendo en Robot 709.57 Ton. y el de Etabs 689.95 Ton., con una diferencia de 19.62 Ton., la cual es aceptable el resultado.
2. En cuanto a las masas participativas obtenidas en ambos softwares superan el 90%, en Robot el valor es 98.46% y en Etabs de 99.50%, valores muy similares, con lo que se concluye que ambos resultados son válidos y cumplen con lo establecido en la normativa NEC-SE-DS.

3. Los desplazamientos laterales o derivas máximas son menores a 0.02, tanto en Robot Structural como en Etabs, por lo que si cumple con los requerimientos de la normativa vigente.
4. El software Robot Structural está pensado más en el flujo de trabajo netamente BIM, ya que se interconecta con diferentes programas como Revit Structural, Naviswork, Revit Electrical y Revit MEP; si habría mayor información y capacitación en nuestro medio sería una gran herramienta que optimice tiempos y costos; ya que Etabs posee un flujo de trabajo BIM limitado, previa instalación de complementos que ayuden interactuar con softwares como Revit.

**Nieto (2016)**, en su investigación titulada “Manejo del software Revit y su incidencia en el modelado de información para la construcción de edificaciones en la ciudad de Ambato, provincia de Tungurahua”, tesis para optar al grado de Ingeniero Civil, Ecuador; llega a las conclusiones:

1. El software Robot Structural Analysis se puede utilizar para los análisis estático, dinámico y estático no lineal de estructuras.
2. Robot Structural no solo analiza y diseña elementos estructurales de concreto armado, sino que también realiza el armado del acero de refuerzo dentro del mismo programa de diseño, que posteriormente podrían ser exportados a Revit o AutoCAD para su ploteo.

3. En el software Robot Structural se puede realizar el análisis, cálculo y diseño de cimentaciones conociendo únicamente la estratigrafía del suelo en el que se va a construir la estructura.

**Carabela (2013)**, en su investigación titulada “Comparación de la modelación, análisis y diseño de estructuras entre los programas SAP200, Etabs, Staad Pro y Robot”, tesina para optar al grado de Especialista en Estructuras, México; llega a las conclusiones:

1. Como resultados de esta investigación, se observó la diversidad de softwares que existe para el análisis y diseño estructural, y la preferencia para la utilización por países o regiones.
2. En cuanto a los resultados obtenidos del análisis, en cada software, los resultados fueron similares, con una diferencia mínima, de un programa a otro.
3. En el diseño de elementos estructurales, hubo casos de inconsistencia en los diseños, en comparación de lo obtenido de manera manual, las diferencias iban hasta un 25%. Así que los resultados de diseño efectuados por los programas, no tomar como válidos; a no ser que sean comprobados con los calculados de manera convencional.

## **2.2. Marco conceptual**

### **2.2.1. Aplicación de software en el ejercicio del análisis y diseño estructural**

Según Taboada y De Izcue (2009), actualmente los programas computarizados nos felicitan los trabajos de análisis y diseño estructural, empleando el método de elementos finitos han permitido solucionar problemas de la ingeniería estructural.

En general las etapas que pueden realizar los programas de análisis estructural son:

#### **Pre Procesamiento (Realizar el modelaje)**

Esta etapa consiste en realizar el modelado de la estructura a ser analizada mediante un conjunto de objetos, mallas de elementos finitos, a los cuales se les asigna sus propiedades mecánicas (coeficiente de Poisson, módulo de elasticidad, etc.), propiedades geométricas (sección transversal, espesores, etc.), el material y las solicitaciones de carga (fuerzas, momento, desplazamientos, etc.). Según (Taboada y De Izcue, 2009).

#### **Procesamiento (Procesamiento numérico de los datos)**

Esta etapa consiste en definir el tipo de análisis que se va ejecutar, pudiendo ser el análisis estático elástico, análisis dinámico lineal (modal, tiempo-historia y espectral), análisis de respuesta térmica, análisis de acciones incrementales (Pushover), análisis transitorio lineal y no lineal y al análisis de líneas de influencia. Según (Taboada y De Izcue, 2009).

### **Post Procesamiento (Análisis de los resultados)**

Los resultados se pueden visualizar a través de gráficos (reacciones en la base, fuerzas internas, distribución de fuerzas y esfuerzos), tablas (desplazamientos, rotaciones y reacciones, fuerzas internas, modos del edificio) y funciones (curvas espectrales de respuesta, trazas tiempo-historia y curvas estáticas Pushover), o de manera impresa, a través de archivos de texto. Según (Taboada y De Izcue, 2009).

Además, es posible obtener la deformación del modelo de forma animada, los modos de vibración y exportar los resultados a hojas de cálculo en Excel, formatos de texto o bases de datos. Según (Taboada y De Izcue, 2009).

#### **2.2.2. Robot Structural Analysis**

Según (Villarroel, 2016), es un software utilizado para modelar, analizar y diseñar diferentes tipos de estructura, bajo la norma ACI 318. Además, realiza diferentes tipos de análisis tales como: estático, análisis de primer y segundo orden, líneas de influencia, etc.

Algunas ventajas del software son:

- Interoperabilidad y flujos de trabajo dinámicos: Para ampliar el proceso Building Information Modeling (BIM), ya que se integra con softwares como es Autodesk Revit o Navisworks, AutoCAD, AutoCAD Structural Detailing, entre otros. (Civilgeeks.com, 2014).

- Capacidad de cálculo de estructuras de concreto armado, acero, madera y entre otros.
- Modelación y calculo por elementos finitos (Tecnología MEF): Mallado automático que ofrecen resultados más reales.
- Preferencias específicas por países: Como EE.UU., Francia, Alemania, Holanda, China, Australia Emiratos Árabes, Chile, México.
- Cálculo con normativas internacionales: Incluye multiples códigos, normas y materiales de todo el mundo (60 bases de datos de materiales y secciones, 40 codigos internacionales de acero, 30 codigos de concreto armado). (Civilgeeks.com, 2014).
- Es multilingüe: Pudiendo trabajar hasta 14 idiomas como Español, Inglés, Chino, Francés, Portugués, Japonés, Ruso, Griego, Letón, Lituano, Estonio, Rumano, Tailandés, Polaco, entre otros. (Civilgeeks.com, 2014).
- Simula automáticamente las cargas de viento: Calcula los efectos dinámicos del viento, y permite visualizar mapas de presion coloreados para entender los efectos del viento.
- Flujo de trabajo continuo desde su analisis y diseño hasta los planos de fabricacion, exportando el modelo para el detallado final de los planos a AutoCAD Structural Detailing, Autodesk Advanced Concrete y Autodesk Advanced Steel; lo que supone una gran ventaja en ahorro de tiempo.

- Genera el diseño de cimentaciones sin requerir un programa adicional.
- Diseña losas de entrepiso sin requerir un programa adicional.
- Presentación de los resultados en gráficos, cuadros, memoria de cálculo, captura de pantalla y planos a detalle.

Las desventajas del software son:

- Al ser un software nuevo e innovador, no existe mucha información y capacitación en nuestro medio, ya que el uso de este software no es comercial en nuestro país.
- No realiza un detallado de acero para presentar como planos finales.

### **2.2.3. Etabs**

Es un software de la empresa CSI (Computers and Structures), que analiza y diseña estructuras de diferentes tipos.

Su nombre es la abreviatura en inglés de Extended Three Dimensional Analysis of Building Systems (Análisis Tridimensional Extendido de Edificaciones). Según (CSI, 2017).

Algunas ventajas son:

- Gran número de espectros de respuestas de diferentes normativas latinoamericanas, incluida la Peruana E.030.
- Software más usado en nuestro medio y que se tiene mayor conocimiento, capacitaciones.
- Posibilidad de cálculo y comprobación de columna fuerte viga débil.

Algunas desventajas son:

- No tiene un detallado de refuerzos y conexiones en acero.
- La interoperabilidad con software BIM es más limitada, salvo la previa instalación de componentes que ayuden a una interconexión entre Etabs.
- El motor de generación de mesh (mallado) es más propensa a generar errores de mallado y genera no coincidencias de vértices.

#### **2.2.4. Análisis estructural**

Es el proceso para determinar la respuesta de una estructura frente a cargas y condiciones específicas.

El análisis de la estructura se divide según el tipo de carga actuante: Análisis para cargas de gravedad y análisis para cargas sísmicas. Según (Choquehuanca, 2017).

##### **Análisis para cargas de gravedad**

Según Choquehuanca (2017), procedimiento que permite la obtención de fuerzas internas de la estructura (fuerzas axiales, fuerzas cortantes y momento de flexión), deflexiones y reacciones en los apoyos debido a las cargas de gravedad (carga muerta y carga viva) que actúan en la edificación. Y se clasifican en:

- a. Cargas permanentes o muertas:** Son cargas gravitacionales que actúan de manera permanente sobre la estructura, que no varían con el tiempo; lo conforman el peso propio de la estructura



y el peso de elementos añadidos a la estructura (acabados, tabiques). Según (RNE E.020, 2006).

**Tabla 1.** Pesos unitarios de materiales.

<b>Material</b>	<b>Peso Unitario (kg/m<sup>3</sup>)</b>
Concreto Armado	2400
Unidad de arcilla cocida solida	1800

Fuente: RNE E.020 (2006)

Losas aligeradas armadas en una sola dirección de concreto armado, con vigueta de 0.10m separados a 0.40m entre ejes.

**Tabla 2.** Pesos unitarios de aligerados.

<b>Espesor de aligerado</b>	<b>Peso (Ton/m<sup>2</sup>)</b>
17	280
20	300
25	350
30	420

Fuente: RNE E.020 (2006)

**b. Carga viva o sobrecarga:** Son cargas de carácter móviles, que varían con el tiempo. Lo conforman el peso de personas, muebles, vehículo, nieve, agua, equipos removibles, puente grúa, etc. Según (RNE E.020, 2006).

**Tabla 3.** Carga viva repartida

<b>Espesor de aligerado</b>	<b>Cargas repartidas (Kg/m<sup>2</sup>)</b>
Viviendas	200

Fuente: RNE E.020 (2006)

### **Análisis para cargas sísmicas**

Son cargas accidentales que pasan en un instante de tiempo, debido al movimiento vibratorio de la superficie terrestre que ocurre

durante un sismo. Este análisis se realiza para determinar las fuerzas internas de la estructura (desplazamiento lateral o deriva).

### 2.2.5. Consideraciones generales para el análisis

Las edificaciones deben cumplir los parámetros mínimos de la norma E.030-2016, para que tengan un adecuado comportamiento sísmico.

#### Zonificación

La norma peruana considera dividido en 4 zonas sísmicas a cada una de las cuales asigna un Factor de Zona (Z), que se entiende como la aceleración máxima del terreno que tiene 10 % de probabilidad de ser superada en 50 años.



Figura 1. Zonificación sísmica para el Perú.

**Tabla 4.** Factores de Zona "Z".

Zona	Z
4	0.45
3	0.35
2	0.25
1	0.1

Fuente: RNE E.030 (2016)

### Condiciones geotécnicas

La norma (E.030, 2016), clasifica los perfiles de suelo, empleando tres expresiones: velocidad promedio de propagación de las ondas de corte ( $V_s$ ), el promedio ponderado de los  $N_{60}$  obtenidos mediante un ensayo de penetración estándar (SPT), y el promedio ponderado de la resistencia al corte en condición no drenada para suelos cohesivos ( $S_u$ ).

**Tabla 5.** Perfiles de suelo.

Clasificación de los perfiles de suelo			
PERFIL	VS	N60	Su
S0	>1500 m/s	-	-
S1	500 m/s a 1500 m/s	> 50	> 100 kpa
S2	180 m/ a 500 m/s	15 a 50	50 kpa a 100 kpa
S3	< 180 m/s	< 15	25 kpa a 50 kpa
S4	Clasificación basada en el EMS		

Fuente: RNE E.030 (2016)

Donde:

**Perfil tipo S0:** Roca Dura.

**Perfil tipo S1:** Roca o Suelo muy Rígidos.

**Perfil tipo S2:** Suelos Intermedios.

**Perfil tipo S3:** Suelos Blandos.

**Perfil tipo S4:** Condiciones excepcionales.

## Parámetros de Sitio

La norma determina el factor de amplificación del suelo "S" ya no solo dependiendo del tipo de suelo sino también de la zona sísmica.

**Tabla 6.** Factor de suelo.

		<b>Factor de Suelo "S"</b>			
Zona \ Suelo		S <sub>0</sub>	S <sub>1</sub>	S <sub>2</sub>	S <sub>3</sub>
	Z4	0.8	1	1.05	1.1
	Z3	0.8	1	1.15	1.2
	Z2	0.8	1	1.2	1.4
	Z1	0.8	1	1.6	2

Fuente: RNE E.030 (2016).

Los periodos fundamentales T<sub>p</sub> y T<sub>L</sub> dependen del perfil del suelo.

**Tabla 7.** Periodos de vibración.

		<b>Periodos "Tp" Y "TL"</b>			
		PERFIL DE SUELO			
		S <sub>0</sub>	S <sub>1</sub>	S <sub>2</sub>	S <sub>3</sub>
TP(s)		0.3	0.4	0.6	1
TL(s)		3	2.5	2	1.6

Fuente: RNE E.030 (2016).

## Factor de amplificación sísmica(C)

Se define de acuerdo a las condiciones de sitio y se interpreta como el cociente entre el valor máximo de la aceleración en la estructura y el valor pico de la aceleración en su base del suelo.

La norma representa por C a este factor y permite estimarlo por la expresión:

**Tabla 8.** Factor de amplificación sísmica.

<b>Condición</b>	<b>Valor de "C"</b>
T < T <sub>p</sub>	<b>C = 2.5</b>
T <sub>p</sub> < T < T <sub>L</sub>	$C = 2.5 * \left(\frac{T_p}{t}\right)$
T > T <sub>L</sub>	$C = 2.5 * \left(\frac{T_p * T_L}{t^2}\right)$

Fuente: RNE E.030 (2016).

### Categoría de las edificaciones y factor de uso (U)

De acuerdo a la norma E.030, 2016, las edificaciones se clasifican según categorías, asignándosele un factor de uso o importancia “U”.

**Tabla 9.** Categoría de la edificación y Factor de uso.

<b>Categoría de la edificación y Factor “U”</b>		
Categoría	Descripción	Factor U
A	Esenciales	1.5
B	Importantes	1.3
C	Comunes	1
D	Temporales	*

Fuente: RNE E.030 (2016).

### Sistemas Estructurales y Coeficiente de Reducción sísmicas (Ro)

El sistema estructural se clasifica según los materiales usados y el sistema estructural predominante en cada dirección. Por lo que se obtendrá un coeficiente de reducción sísmica (R).

**Tabla 10.** Sistemas estructurales.

<b>Sistema estructural</b>	<b>Coeficiente básico de reducción “Ro”</b>
<b>Concreto armado:</b>	
Pórtico	8
Dual	7
De Muros Estructurales	6
Muros de Ductilidad Limitada	4
Albañilería Armada O Confinada	3
Madera (Por Esfuerzos Admisibles)	7

Fuente: RNE E.030 (2016).

### Estimación del peso sísmico “P”

Para el cálculo del peso deberá tomarse el total de la carga muerta más un porcentaje de la carga viva de acuerdo a lo establecido en el código. Según (E.030, 2016), se tiene:

- a. En edificaciones de las categorías A y B, se tomará el 50% de la carga viva.
- b. En edificaciones de la categoría C, se tomará el 25% de la carga viva.
- c. En depósitos, el 80 % del peso total que es posible almacenar.
- d. En azoteas y techos en general se tomará el 25% de la carga viva.
- e. En estructuras de tanques, silos y estructuras similares se considerará el 100 % de la carga que puede contener.

#### **2.2.6. Análisis estático o de fuerzas estáticas equivalentes.**

Según este método las solicitaciones sísmicas se pueden representar por un conjunto de fuerzas aplicadas en los centros de gravedad de cada nivel. Debe emplearse para edificios regulares e irregulares no más de 30 m de altura y estructuras de muros portantes de concreto armado y albañilería armada o confinada de no más de 15 m de altura. Según RNE E.030 (2016)

#### **Fuerza cortante en la base.**

Representa la fuerza total actuante sobre el edificio que luego debe distribuirse en la altura del edificio. Este valor sirve también para establecer el valor mínimo de la cortante dinámica.

$$V = \frac{ZUCS}{R} * P$$

Debe considerarse el valor mínimo de:

$$\frac{C}{R} \geq 0.125$$

### Distribución de la fuerza sísmica en altura.

La fuerza cortante total actuante, se distribuye en altura en un conjunto de fuerzas aplicadas en cada uno de los diafragmas. Se calcularan de la siguiente expresión: Según(E.030, 2016):

$$F_i = \alpha_i * V$$

$$\alpha_i = \frac{P_i (h_i)^k}{\sum_j^n P_i (h_i)^k}$$

Donde:

- n: número de pisos del edificio.
- Para T menor o igual a 0,5 segundos: k = 1.0
- Para T mayor que 0,5 segundos: k = (0.75 + 0.5 T) ≤ 2.0

### Periodo fundamental de vibración

Para estimar el periodo fundamental en cada dirección, la norma (E.030, 2016) permite usar expresiones aproximadas o los resultados de un análisis dinámico.

$$T = \frac{h_n}{C_T}$$

Dónde:

- **h<sub>n</sub>** = Es la altura total del edificio
- **C<sub>T</sub> = 35** Para edificios cuyos elementos resistentes sean únicamente pórticos
- **C<sub>T</sub> = 45** Para edificios cuyos elementos resistentes sean pórticos y las cajas de ascensores y escaleras.

- **C<sub>T</sub> = 60** Para edificios de albañilería y para todos los edificios de concreto armado duales, de muros estructurales, y muros de ductilidad limitada.

También podrá usarse la siguiente expresión:

$$T = 2\pi * \sqrt{\frac{(\sum_{i=1}^n P_i * d_i^2)}{(g * \sum_{i=1}^n f_i * d_i^2)}}$$

Donde:

- **f<sub>i</sub>**: Es la fuerza lateral en el nivel i correspondiente a una distribución a una altura semejante a la del primer modo en la dirección de análisis.
- **d<sub>i</sub>**: Es el desplazamiento lateral del centro de masa del nivel i en traslación pura (restringiendo los giros en planta) debido a las fuerzas f<sub>i</sub>.

### 2.2.7. Análisis dinámico modal espectral

#### Modos de vibración

Para un edificio con diafragmas rígidos, el número de modos de vibración es igual a 3 veces el número de pisos.

Se considerará por lo menos el 90 % de la masa total de la edificación, en los tres primeros modos predominantes en la dirección de análisis. Según(E.030, 2016).

#### Aceleración espectral

Con los parámetros sísmicos se determinará el espectro de pseudo aceleración para cada dirección horizontal de análisis.

$$S_a = \frac{ZUCS}{R} * g$$



### Fuerza cortante mínima

La (E.030, 2016) establece que la fuerza cortante en la base debe ser como mínimo el 80% de la cortante estática, para estructuras regulares o el 90 % para estructura irregulares.

### Determinación de desplazamientos laterales:

Según (E.030, 2016) los desplazamientos laterales se obtendrán previa multiplicación por  $0.75R$  para estructuras regulares y por  $R$  para estructuras irregulares.

Los límites permisibles son:

**Tabla 11.** Límites de distorsión de entrepisos

<b>LIMITES PARA DISTORSIÓN DE ENTREPISO</b>	
<b>Material Predominante</b>	<b>(<math>\Delta_i / h_{ei}</math>)</b>
Concreto Armado	0.007
Acero	0.01
Albañilería	0.005
Madera	0.01
Edificios de concreto armado con muros de ductilidad limitada	0.005

Fuente: RNE E.030 (2016).

### 2.2.8. Diseño estructural

El método de diseño utilizado será el Diseño por Resistencia, donde determina un margen de seguridad estructural a través de dos recursos, que son: amplificando las cargas (para aumentar la resistencia requerida) y reduciendo la resistencia nominal mediante uso de factores de reducción de resistencia  $\phi$ . Método que consiste en que todas las secciones deben tener una resistencia de diseño (afectada por factores de reducción de resistencia) por lo menos igual

a la resistencia requerida (afectada por amplificación de cargas).  
Según (Ruiz y Campos, 2009).

Resistencia de diseño  $\geq$  Requerida

$$\phi M_n \geq M_u \text{ (Flexion)}$$

$$\phi V_n \geq V_u \text{ (Cortante)}$$

$$\phi P_n \geq P_u \text{ (Compresion)}$$

Factores de amplificaciones de cargas y combinaciones

$$\text{Comb1} = 1.4\text{CM} + 1.7 \text{ CV}$$

$$\text{Comb2} = 1.25(\text{CM} + \text{CV}) + 1.0 \text{ SXX}$$

$$\text{Comb3} = 1.25(\text{CM} + \text{CV}) + 1.0 \text{ SYY}$$

$$\text{Comb4} = 0.9\text{CM} + 1.0 \text{ SXX}$$

$$\text{Comb5} = 0.9\text{CM} + 1.0 \text{ SYY}$$

Factores de reducción de resistencia.

**Tabla 12.** Factores de reducción de resistencia ACI.

Asignación de parámetros	Factor de reducción ( $\phi$ )
Flexión	0.90
Cortante	0.85
Flexo compresión y Compresión con estribos	0.75
Aplastamiento	0.70

### Diseño de losas aligeradas y vigas

Según (Chevarria, 2014), el diseño de las losas y vigas se realiza para resistir esfuerzos de flexión y corte, considerando los efectos de carga de gravedad y sismo.

### Diseño por flexión

El diseño por flexo compresión se efectúa con la siguiente expresión:

$$\phi M_n \geq M_u$$

Para el cálculo de área de acero

$$M_u = \phi * b * d^2 * f'_c * w(1 - 0.59 * w)$$

$$\rho = \frac{A_s}{bd}$$

$$w = \frac{\rho * f_y}{f'_c}$$

Donde:

$M_u$  : Momento amplificado.

$b$  : Ancho de la cara en compresión.

$d$  : Distancia desde la fibra extrema en compresión hasta el centroide del refuerzo longitudinal en tracción.

$f'_c$  : Resistencia especificada a la compresión del concreto.

$f_y$  : Resistencia especificada a la fluencia del refuerzo.

$w$  : Índice de refuerzo a tracción.

$A_s$  : Área del refuerzo longitudinal no pre-esforzado a tracción.

$\rho$  : Cuantía del refuerzo  $A_s$  evaluada sobre el área  $bd$ .

En el caso de vigas con acero en tracción y compresión, el momento último es:

$$M_u = 0.85 * a * b * \left(d - \frac{a}{2}\right) + A'_s * f_y * (d - d')$$

Sabiendo que:

$$a = \frac{(A_s - A'_s) * f_y}{0.85 f'_c * b}$$

Mu : Momento amplificado.

b : Ancho de la cara en compresión.

d : Distancia desde la fibra extrema en compresión hasta el centroide del refuerzo longitudinal en tracción.

d' : Distancia desde la fibra extrema en compresión hasta el centroide del refuerzo longitudinal en compresión.

f'c : Resistencia especificada a la compresión del concreto.

f<sub>y</sub> : Resistencia especificada a la fluencia del refuerzo.

A<sub>s</sub> : Área del refuerzo longitudinal no pre-esforzado a tracción.

A'<sub>s</sub> : Área del refuerzo longitudinal a compresión.

El área de acero mínimo de refuerzo por tracción de la sección rectangular y de las secciones en T con el ala en compresión, no será menor de:

$$A_{s \min} = \frac{0.7 \sqrt{f'_c} * b * d}{f_y}$$

El área máxima de refuerzo de las secciones rectangulares y de la sección T con ala en compresión, no será mayor que:

$$A_{s \max} = \left( 0.85 * \beta_1 * \frac{f'_c}{f_y} \right) * \left( \frac{6000}{6000 + f_y} \right) * b * d$$

### **Diseño por corte**

La ecuación básica para el diseño por corte se efectúa con la siguiente expresión:

$$\phi V_n \geq V_u$$

El aporte del concreto viene dado por:

$$V_c = 0.53 * \sqrt{f'_c} * b * d$$

La resistencia que debe proporcionar el refuerzo por corte está dada por:

$$V_s \leq \frac{V_u}{\phi} - V_c$$

Por tanto, el espaciamiento entre estribos se calcula según:

$$s \leq \frac{A_v * f_y * d}{V_s}$$

Sabiendo que  $A_v$  (área de refuerzo de cortante) es igual a 2 veces el área del estribo.

La verificación por fuerza cortante se ara calculando la capacidad nominal por medio de las siguientes expresiones:

$$\phi(V_c + V_s) \geq V_u$$

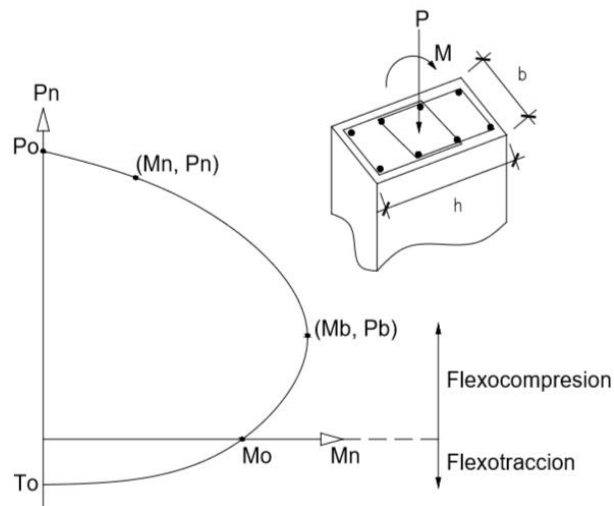
Donde:

$V_u$ : Fuerza cortante ultima de diseño.

## **Diseño de columna**

### **Diseño por flexo compresión**

Las columnas son elementos estructurales sometidos a compresión y flexo-compresión, por lo que es necesario elaborar diagramas de interacción para obtener los puntos ( $M_u$ ,  $P_u$ ), de acuerdo a las combinaciones de carga, y a ser que estos puntos estén dentro del diagrama de interacción. Según (Ruiz y Campos, 2009).



**Figura 2.** Diagrama de interacción.

### 2.2.9. Viviendas autoconstruidas

Son viviendas construidas de manera informal, sin asistencia técnica y profesional que garantice la seguridad de las mismas. Son aquellas construidas por los mismos propietarios, por un maestro o albañil de la zona donde se encuentre. Según (Vera, 2017).

#### **Sistema Estructural de Albañilería Confinada**

Es una técnica de construcción que normalmente son para vivienda con los siguientes elementos: muros, columnas de amarre, vigas soleras, entre otros elementos. En este tipo de edificación primero se construye el muro de ladrillo, luego se procede a vaciar el concreto de las columnas de amarre y, finalmente, se construye el techo en conjunto con las vigas. Según (Vera, 2017).

**Densidad mínima de muros:** Según (E.070, 2006), La densidad mínima de muros portantes en cada dirección de una vivienda está dado por:

$$\frac{\text{Area de muros}}{\text{Area de planta típica}} = \frac{A_m}{A_p} = \frac{\sum L * t}{A_p} \geq \frac{Z * U * S * N}{56}$$

Dónde:

- “Z”, “U” y “S” Parámetros sísmicos, especificados en la RNE E.030.
- “N” es el número de pisos del edificio.
- “L” es la longitud total del muro (incluyendo columnas, sí existiesen).
- “t” es el espesor efectivo del muro.

#### 2.2.10. Reforzamiento tradicional existente

Es el conjunto de medidas preventivas para aumentar la resistencia, rigidez o ductilidad de las edificaciones antes que ocurra un sismo.

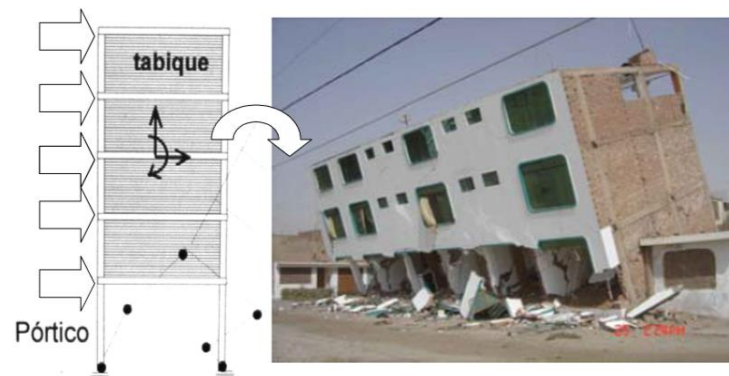
Algunas causas que generan las fallas más comunes son:

**Baja densidad de muros y Falta de columnas de confinamiento:** Escasa densidad de muros en una dirección y falta de confinamiento de los muros, o la distancia entre ellas es mayor de 4 m según la normativa.

Para solucionar el problema se incorpora nuevas columnas, picando y colocando varillas de acero de acuerdo a las recomendaciones de un profesional.

**Problema de piso blando:** Muchas veces los muros del primer piso son discontinuos, como también de mayor altura por el uso

(cochera, restaurante o tienda), y es más flexibles que los demás pisos.



**Figura 3.** Vivienda por falla de piso blando.

Para arreglar el problema es necesario rigidizar el primer nivel flexible, añadiendo nuevos muros de concreto armado o albañilería en los lugares más vulnerables. Según (Blondet, 2012).

**Tabiques, parapetos y voladizos sin arriostrar:** Para ganar espacio en los pisos superiores, se recurre a voladizos en las fachadas de las viviendas. La conexión dentada entre los tabiques transversales es insuficiente como para soportar las acciones sísmicas perpendiculares al plano y terminan volcándose.

Para solucionar el problema se utiliza una forma de arriostrar el tabique con malla electrosoldada, o arriostrar con columnetas. Según (Blondet, 2012).

**Tabiques de ladrillo pandereta:** Existen también el problema de utilizar ladrillo pandereta en muros portantes; por la fragilidad de este ladrillo, en un sismo de considerables proporciones, el muro tiende a fallar.



Una solución para evitar el que los ladrillos se trituren es reforzándolos con malla electrosoldada como en el caso anterior.

### 2.3. Definición de términos

Es importante conocer algunos términos que serán utilizados durante todo el proyecto:

1. **Análisis estructural:** Es la determinación de las fuerzas internas en los elementos de la estructura.
2. **Análisis estático:** Este método representa las solicitaciones sísmicas mediante un conjunto de fuerzas horizontales, actuando en cada nivel de la edificación. Caracteriza a este tipo de análisis el hecho que las cargas actuantes sobre la estructura no dependen del tiempo. Según (Canchanya y Vargas, 2017).
3. **Análisis dinámico:** Caracteriza a este tipo de análisis el que las cargas actuantes son variables con el tiempo debiendo requerirse la participación de las fuerzas de inercia en la estación de la respuesta de la estructura. Según (Canchanya y Vargas, 2017).
4. **Albañilería confinada:** Albañilería reforzada con elementos de concreto armado en todo su perímetro, vaciado posteriormente a la construcción de la albañilería. Según (RNE E.070, 2006).
5. **Comportamiento estructural:** Es la manera cómo reacciona la estructura ante la acción de fuerzas sísmicas
6. **Cortante en la base:** Permite determinar la fuerza lateral total como consecuencia de las fuerzas inercia que se induce a un sistema de N-

grados de libertad, distribuyéndolo posteriormente a lo largo de las diferentes alturas de la estructura. (Canchanya y Vargas, 2017).

- 7. Centro de rigidez:** Es un punto teórico en la planta del edificio donde aplicada una fuerza cortante horizontal, solo produce traslación. Según (Canchanya y Vargas, 2017).
- 8. Centro de masa:** Es el lugar geométrico en el cual se supone que está concentrada la masa en cada uno de los pisos. Según (Canchanya y Vargas, 2017).
- 9. Diafragma rígido:** Es un elemento losa que se va a comportar como una estructura rígida que no experimentara deformación. Todas las partículas o puntos de la losa se moverán simultáneamente con el centro de masa. Según (Canchanya y Vargas, 2017).
- 10. Diseño estructural:** Conjunto de etapas y procedimientos que desarrolla el ingeniero proyectista para determinar la forma, dimensiones y características detalladas de una estructura, es decir, la parte de una construcción que tiene por función soportar las diversas solicitaciones que se presentan durante las distintas fases de su existencia. Según (Fernandez, 2010).
- 11. Ductilidad:** Es la propiedad de aquellos materiales que, bajo la acción de una fuerza, pueden deformarse sin llegar a romperse.
- 12. Espectro de respuesta para diseño:** Es un espectro de tipo elástico para una fracción de amortiguamiento respecto al crítico del 5% utilizado con fines de diseño para representar los efectos dinámicos del sismo del diseño.

- 13.Excentricidades:** Parámetro que determina el grado de desviación de una sección en cuanto a sus ejes.
- 14.Frecuencia natural (f):** Es el número de oscilaciones que la estructura efectúa por unidad de tiempo. Según (Canchanya y Vargas, 2017).
- 15.Fuerza sísmica de diseño:** Fuerza lateral que resultan de distribuir adecuadamente el cortante basal de diseño en toda la estructura.
- 16.Fallas estructurales:** Se refiere a un colapso en el cual la estructura se rompe parcial o totalmente.
- 17.Irregular:** Es un cambio sensible en rigidez, masa, altura en la estructura de una edificación.
- 18.Muro portante:** Muro diseñado y construido en forma tal que pueda transmitir cargas horizontales y verticales de un nivel al nivel inferior o a la cimentación. Según (RNE E.070, 2006).
- 19.Muro no portante:** Muro diseñado y construido en forma tal que sólo lleva cargas provenientes de su peso propio y cargas transversales a su plano. Ejemplo los parapetos, tabiques y cercos. Según (RNE E.070, 2006).
- 20.Periodo natural de la estructura (T):** Es el tiempo que este se demora en completar un ciclo de vibración (ir y volver) de una edificación. Según (Canchanya y Vargas, 2017).
- 21.Rigidez lateral:** Es la capacidad de un elemento estructural para soportar esfuerzos sin adquirir grandes deformaciones o desplazamientos.

**22. Tabique:** Muro no portante de carga vertical, utilizado para subdividir ambientes o como cierre perimetral. Según (RNE E.070, 2006).

**23. Unidad de Albañilería:** Ladrillos y bloques de arcilla cocida, de concreto o de sílice-cal. Puede ser sólida, hueca, alveolar ó tubular.

**24. Viga Solera:** Viga de concreto armado vaciado sobre el muro de albañilería para proveerle arriostre y confinamiento.

## 2.4. Bases legales

En el proceso de análisis y diseño se utilizaron las Normas Peruanas comprendidas en el Reglamento Nacional de Edificaciones (R.N.E.):

- RNE E.020: Cargas
- RNE E.030: Diseño Sismorresistente
- RNE E.060: Concreto Armado
- RNE E.070: Albañilería

Las principales referencias normativas extranjeras seguidas son:

- Código ACI-318, "Building Code Requirements for Structural Concrete" (Comité 318), Instituto Americano del Hormigón.

## 2.5. Hipótesis

### 2.5.1. Hipótesis general

El resultado del análisis comparativo aplicando el software Robot Structural Analysis y Etabs presenta deficiente comportamiento estructural de viviendas autoconstruidas en el distrito de Pucará, Huancayo, 2017, no cumpliendo los requerimientos mínimos de la norma peruana.

### 2.5.2. Hipótesis específicas

- a) El análisis estático aplicando el software Robot Structural Analysis y Etabs poseen un mal comportamiento estructural de viviendas autoconstruidas, no cumpliendo los parámetros mínimos de la norma E.030.
- b) El análisis dinámico aplicando el software Robot Structural Analysis y Etabs presenta deficiente comportamiento estructural de viviendas autoconstruidas, no cumpliendo las especificaciones de la norma E.030.
- c) El diseño estructural aplicando el software Robot Structural Analysis y Etabs presenta deficiente comportamiento estructural de las viviendas autoconstruidas, no cumpliendo las exigencias de la norma E060.

## 2.6. Variables

### 2.6.1. Definición conceptual de las variables

#### **Variable independiente (x): Análisis estructural**

Es el proceso mediante el cual se determina la respuesta de una estructura frente a cargas y condiciones específicas, utilizando el software Robot Structural y Etabs. Según (Choquehuanca, 2017).

#### **Variable dependiente (y): Comportamiento estructural**

Es la manera cómo reacciona la estructura ante la acción de fuerzas sísmicas de determinada magnitud, analizando su resistencia (capacidad de la estructura de soportar cargas sin colapsar), Rigidez (capacidad de soportar esfuerzos sin adquirir

grandes desplazamientos) y Ductilidad (propiedad de deformarse para que la estructura pueda comportarse elásticamente durante sismos). Según (Vera, 2017).

### 2.6.2. Definición operacional de las variables

#### Variable independiente: Análisis estructural

Cuenta con tres dimensiones análisis estático, dinámico y diseño estructural, todos independientes cuantitativas ya que estos no están sujetos a ningún cambio, es decir, son autónomas.

#### Variable dependiente: Comportamiento estructural

Es una variable dependiente cuantitativa, porque los valores a obtener serán netamente numéricos que serán expresados en cuadros y gráficos, ya que los resultados se pueden medir de acuerdo al análisis y diseño estructural.

### 2.6.3. Operacionalización de variables

**Tabla 13.** Operacionalización de variables.

Variabes	Dimensiones	Indicadores
Variable independiente: Análisis Estructural	Análisis estático	Peso de la edificación, cortante estática, distribución de fuerzas y desplazamiento lateral.
	Análisis dinámico	Cortante dinámica, periodo fundamental, desplazamiento lateral, reacciones
	Diseño estructural	Acero mínimo
Variable dependiente: Comportamiento estructural	Comportamiento estructural	Resistencia Rigidez Ductilidad

Fuente: Elaboración propia.

## **CAPITULO III**

### **METODOLOGÍA**

#### **3.1. Método de investigación**

El método de la investigación es el científico, puesto que se sigue una serie de pasos ordenados y procedimientos utilizando los instrumentos hasta comprobar la hipótesis.

#### **3.2. Tipo de investigación**

El tipo de investigación es aplicada, puesto que busca plantear soluciones de problemas prácticos inmediatos a fin de cambiar las condiciones y mejorar la realidad perteneciente al ámbito de estudio.

#### **3.3. Nivel de investigación**

El nivel de investigación es descriptivo - correlacional; puesto que el nivel descriptivo busca especificar características, cualidades, propiedades y rasgos importantes de los hechos y fenómenos de la realidad; y el nivel correlacional pretende evaluar la relación que existe entre dos o más variables en un contexto particular.

### **3.4. Diseño de investigación**

El diseño de investigación por la naturaleza del estudio es no experimental, ya que las variables son fijas y no se modifican; caen también a ser un diseño transeccional o transversal ya que se recolectó la información en un momento determinado de tiempo.

### **3.5. Población y muestra**

#### **3.5.1. Población**

Para el estudio la población está conformado por todas las viviendas autoconstruidas en el distrito de Pucará, provincia Huancayo y región Junín.

#### **3.5.2. Muestra**

El muestreo es no probabilístico intencional o dirigido, por lo que se ha seleccionado como muestra una vivienda autoconstruida, ubicado en el Jr. Puno N° 250 distrito de Pucará, provincia Huancayo y región Junín.

### **3.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos**

#### **3.6.1. Observación directa**

Consiste en una técnica de visualización de hechos, en este caso las viviendas autoconstruidas, cuya evaluación observacional permite conocer la información de forma cerrada y concreta.

#### **3.6.2. Recopilación de datos**

Se utilizó el siguiente instrumento para la recolección de datos:

- Ficha de observación



### 3.6.3. Análisis de documentos

Basada en información bibliográfica e Internet, para la elaboración del marco teórico y demás componentes de la investigación.

### 3.7. Procesamiento de la información

El procesamiento de la información se basó en el desarrollo de los siguientes pasos:

#### 3.7.1. Campo:

- Se realizó la visita a campo para reconocimiento de la zona de estudio, identificando la vivienda más vulnerable.



**Figura 4.** Vista de la vivienda autoconstruida analizar.

#### 3.7.2. Gabinete

- Procesamiento de la información de las características de la vivienda.
- Elaboración de planos de arquitectura, estructura.
- Descripción de la vivienda que sirvió de base para el desarrollo de la investigación según la ficha de observación (ver ANEXO N° 08).

### Consideraciones estructurales más adelante

#### Descripción arquitectónica:

Uso	: Vivienda unifamiliar
Número de pisos	: 04 Pisos
Área techada	: 72.29 m <sup>2</sup>

#### Descripción Estructural

Sistema estructural	: Albañilería confinada
Losa aligerada	: 0.20 m (una dirección)
Vigas en dirección X	: VP (0.25x0.30 m).
Vigas en dirección Y	: VS (0.25x0.20 m).
Viga de borde	: VB (0.15x0.20 m)
Columnas	: C-1 (0.25x0.25 m), C-2 (0.20x0.20 m)
Albañilería	: 15 cm.

Las características de los materiales son: Según el ensayo de ESCLEROMETRIA (ver ANEXO N° 05), la resistencia alcanzada del concreto se utilizó para evaluar las vigas y columnas.

#### Concreto

Resistencia ( $f'c$ )	: 210 kg/cm <sup>2</sup>
Módulo de elasticidad ( $E_c$ )	: 2173706.51 Ton/m <sup>2</sup>
Módulo de corte ( $G_c$ )	: 945089.79 Ton/m <sup>2</sup>
Peso específico del concreto ( $\gamma$ )	: 2.4 Ton/m <sup>3</sup>
Coefficiente de Poisson	: 0.15

### Acero

Esfuerzo de fluencia del acero ( $f_y$ ) : 4200 kg/cm<sup>2</sup>

Módulo de elasticidad del acero ( $E_s$ ) : 2100000 kg/cm<sup>2</sup>

### Albañilería

Ladrillo tipo King Kong artesanal ( $f'_b$ ) : 55 kg/cm<sup>2</sup>

Módulo de corte  $G_m = 0.4E_m$  : 70000 Ton/m<sup>2</sup>

Módulo de elasticidad  $E_m = 500f'_m$  : 175000 Ton/m<sup>2</sup>

Peso específico de albañilería : 1.8 Ton/m<sup>3</sup>

Coefficiente de Poisson : 0.25

Coefficiente de expansión térmica : 9.900E-06

Resistencia a la compresión ( $f'_m$ ) : 350 Ton/m<sup>2</sup>

### De la Mecánica de suelos:

Según el estudio de mecánica de suelos (ver ANEXO N° 05), los parámetros más importantes son:

Clasificación SUCS : GC – GM (grava arcillosa – limosa)

Capacidad portante : 1.45 Kg/cm<sup>2</sup>

Desplante : -1.50 m

### 3.8. Técnicas y análisis de datos

Las técnicas y análisis de datos para la presente investigación fueron de acuerdo a lo considerado al análisis cuantitativo, debido que usaremos datos netamente numéricos los cuales serán obtenidos, expresados y procesados mediante cuadros y gráficos con el apoyo de los instrumentos que son los softwares Robot Structural, Etabs y Excel.

## CAPÍTULO IV

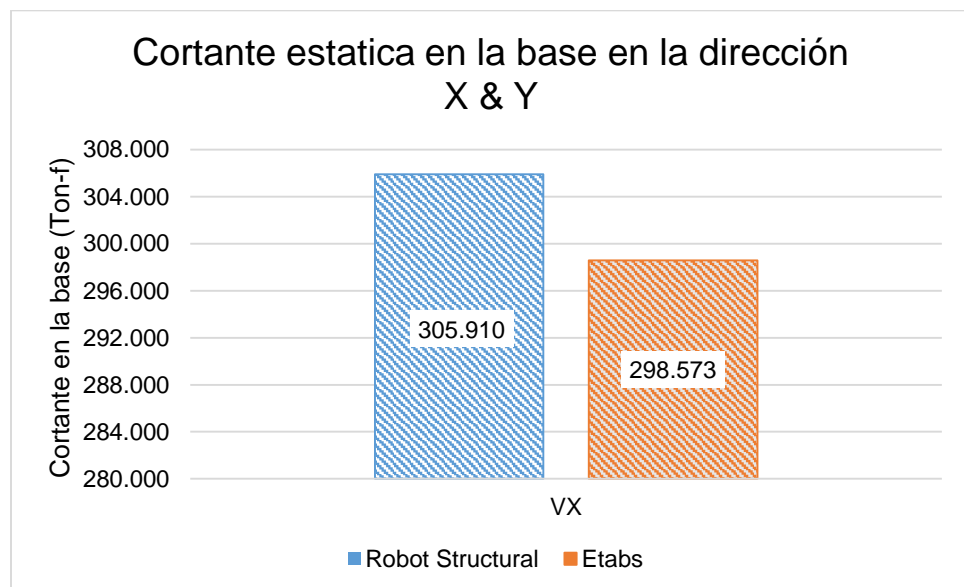
### RESULTADOS

#### 4.1. Análisis estático aplicando el software Robot Structural y Etabs

##### 4.1.1. Cortante estática en la base

**Tabla 14.** Comparación de la cortante estática en la base.

Nombre	Direccion	Robot	Etabs
VX	X	305.910	298.573
VY	Y	305.910	298.573



**Figura 5.** Comparación de la cortante estática en la base en dirección X & Y.

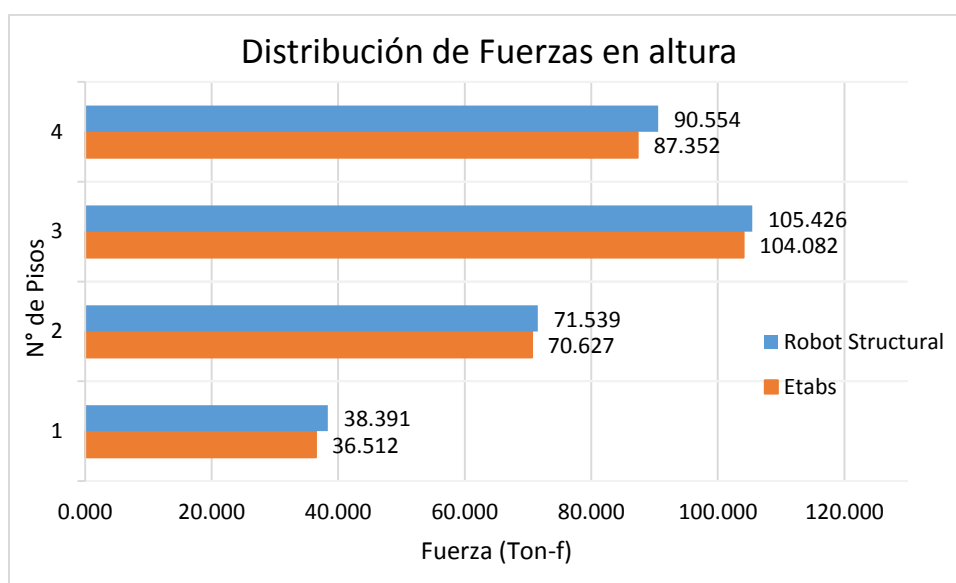
En la Figura 5 se muestra gráficamente que la cortante estática en Robot Structural es mayor en 7.337 Ton-f (2.45%) con respecto a Etabs.

#### 4.1.1. Distribución de fuerzas en altura

**Tabla 15.** Comparación de la distribución de fuerza estática en altura.

Piso	Robot (Ton-f)	Etabs(Ton-f)
P4	90.554	87.352
P3	105.426	104.082
P2	71.539	70.627
P1	38.391	36.512

La Tabla 15 muestra la comparación de la fuerza sísmica estática en altura en las direcciones X & Y entre el software Robot Structure y Etabs.



**Figura 6.** Comparación de la distribución de fuerzas estáticas en altura.

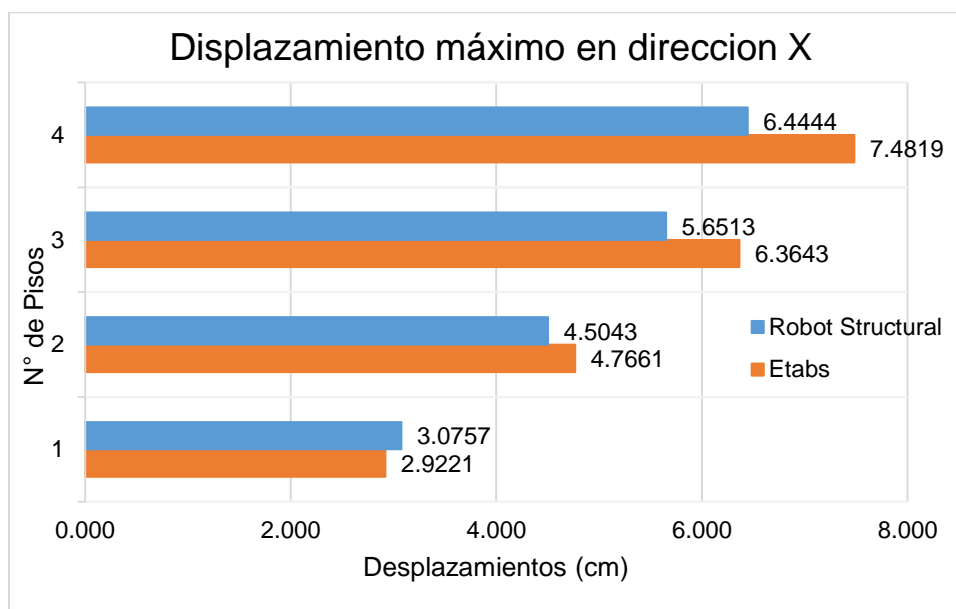
En la Figura 6 se observa que las fuerzas en el software Robot Structural son más conservadores en los pisos: P1 en 1.88 Ton-f (5.15%) y P4 en 3.20 ton-f (3.67%) respecto al software Etabs.

#### 4.1.2. Desplazamiento lateral

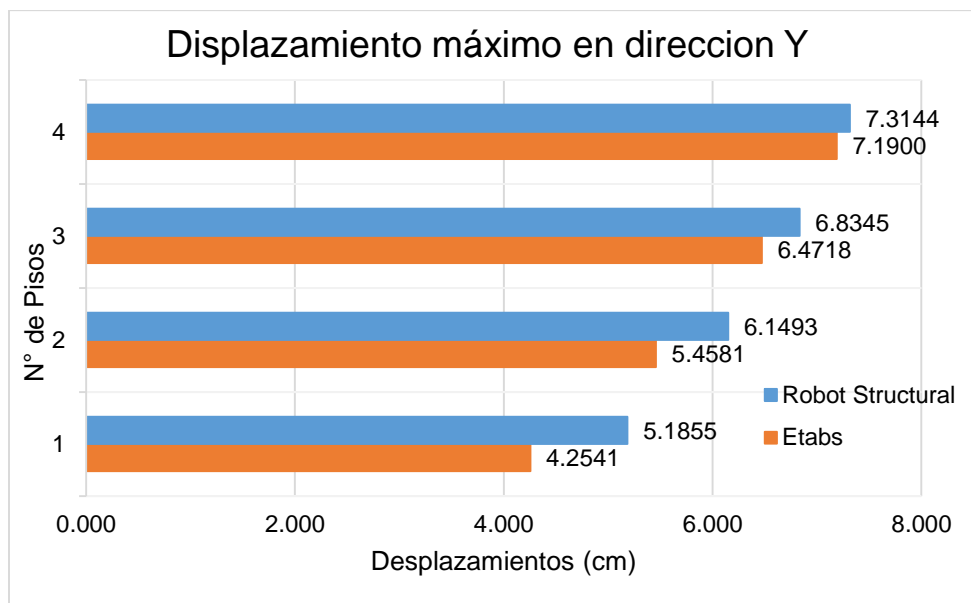
**Tabla 16.** Comparación de desplazamientos máximos por sismo estático.

N° Piso	UX (cm)		UY (cm)	
	Robot	Etabs	Robot	Etabs
4	6.4444	7.4819	7.3144	7.1900
3	5.6513	6.3643	6.8345	6.4718
2	4.5043	4.7661	6.1493	5.4581
1	3.0757	2.9221	5.1855	4.2541

La Tabla 16 muestra los resultados de los desplazamientos máximos obtenidos directamente del software Robot Structure y Etabs debido al sismo estático en dirección X & Y.



**Figura 7.** Comparación de desplazamientos máximos por sismo estático X.



**Figura 8.** Comparación de desplazamientos máximos por sismo estático Y.

**Tabla 17.** Comparación del control de deriva por sismo estático X.

Nº Piso	Di (X)		Maximo ≤ 0.005
	Robot	Etabs	
P4	0.003	0.004	OK
P3	0.005	0.006	FALLA
P2	0.006	0.006	FALLA
P1	0.006	0.009	FALLA

**Tabla 18.** Comparación del control de deriva por sismo estático Y.

Nº Piso	Di (Y)		Maximo ≤ 0.005
	Robot	Etabs	
P4	0.001	0.002	OK
P3	0.002	0.003	OK
P2	0.002	0.004	OK
P1	0.008	0.013	FALLA

En la Tabla 17 y 18 se muestra la comparación de las derivas debido al sismo estático en ambas direcciones calculados de los software Robot Structural y Etabs.

Los resultados en ambos softwares no son satisfactorios ya que exceden al máximo 0.005 según la norma E.030 y no difieren los resultados significativamente.

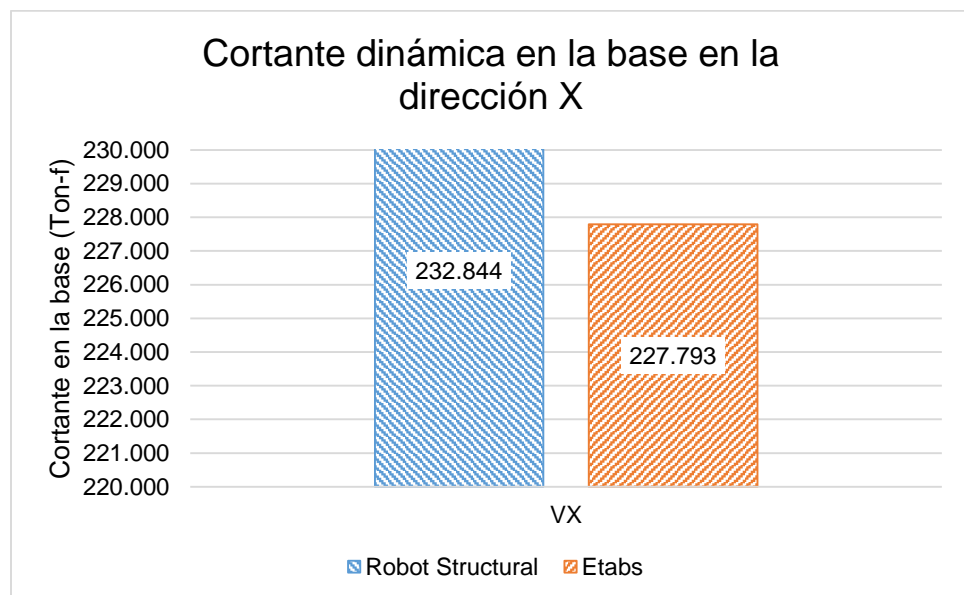
## 4.2. Análisis dinámico aplicando el software Robot Structural y Etabs

### 4.2.1. Cortante dinámico en la base

**Tabla 19.** Comparación de la cortante dinámica en la base.

Nombre	Dirección	Robot (Ton-f)	Etabs (Ton-f)
VX	X	232.844	227.793
VY	Y	190.848	188.095

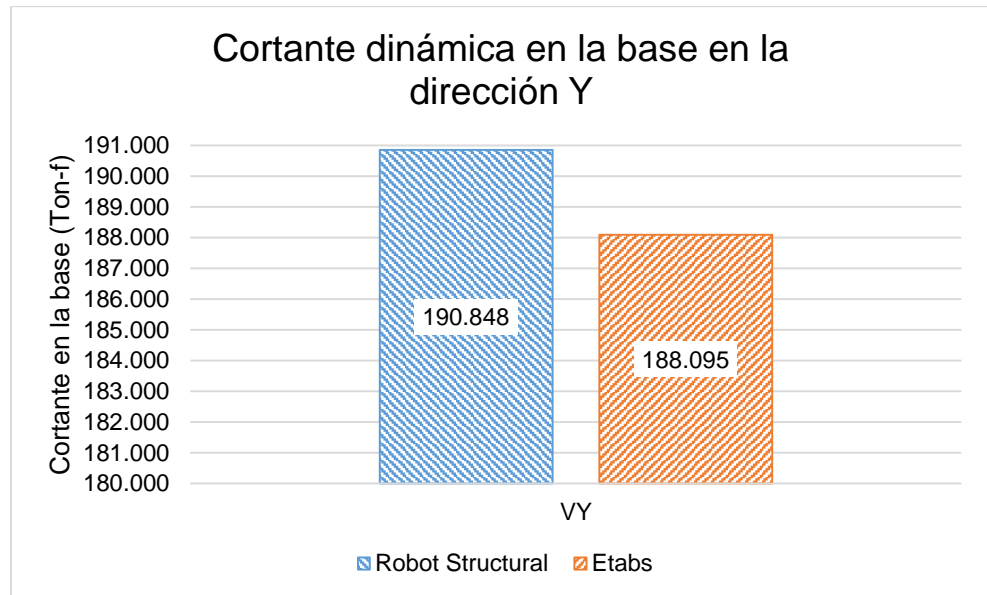
La Tabla 19 muestra la comparación de las cortantes dinámicas para los sismos en las direcciones X & Y entre el software Robot Structure y Etabs.



**Figura 9.** Comparación de la cortante dinámica en la base en dirección X.

En la Figura 9 se muestra gráficamente que la cortante dinámica en la dirección X en Robot Structural es mayor en 5.05 Ton-f (2.20%) respecto a Etabs.





**Figura 10.** Comparación de la cortante dinámica en la base en dirección Y.

En la Figura 10 se muestra que la cortante dinámica en Robot Structural es mayor en 2.75 Ton-f (1.45%) respecto a Etabs.

La Norma E.030 señala que la fuerza cortante en la base de una edificación no podrá ser menor que el 90% para estructuras irregulares. De no cumplir con esta condición será necesario escalar todas fuerzas obtenidas para obtener las fuerzas de diseño.

**Tabla 20.** Comparación de fuerza cortante mínima en la base en dirección X.

<b>Factor de escala Dirección X</b>			
<b>Nombre</b>	<b>Dirección</b>	<b>Robot</b>	<b>Etabs</b>
Vest	X	305.91	298.57
Vdin	X	232.84	227.79
	90%VEX	275.32	268.72
	F.E. =	1.18	1.18

**Tabla 21.** Comparación de fuerza cortante mínima en la base en dirección Y.

<b>Factor de escala Dirección Y</b>			
<b>Nombre</b>	<b>Dirección</b>	<b>Robot</b>	<b>Etabs</b>
Vest	Y	305.91	298.57
Vdin	Y	190.85	188.10
	90%VEX	275.32	268.72
	F.E. =	1.44	1.43

Como se muestra en la Tabla 20 y 21, en ambas direcciones no cumple con la condición de fuerzas cortantes mínimas en la base, por lo que para diseñar los elementos estructurales será necesario amplificar todas las fuerzas y momentos en cada dirección.

#### 4.2.2. Periodo fundamental de vibración

**Tabla 22.** Periodo fundamental, frecuencia y masa participativa en Robot.

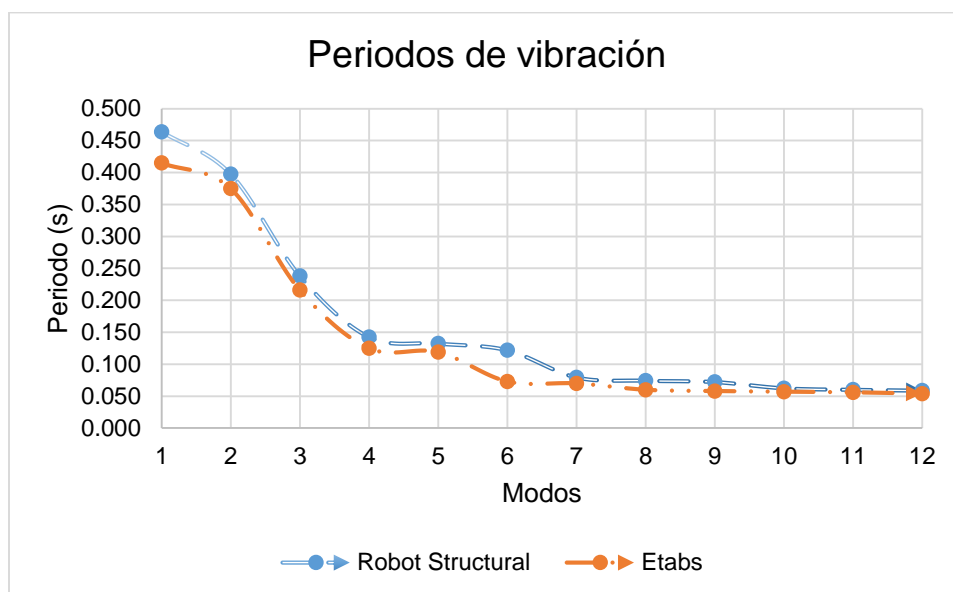
Modo	Periodo (s)	Frecuencia (Hz)	UX (%)	UY (%)
1	0.464	2.155	11.266	47.205
2	0.398	2.515	82.738	53.305
3	0.238	4.198	82.784	90.664
4	0.143	7.014	84.317	90.951
5	0.132	7.556	94.209	91.396
6	0.122	8.204	96.659	92.353
7	0.079	12.601	96.727	97.291
8	0.074	13.461	98.138	97.581
9	0.072	13.851	98.547	97.649
10	0.062	16.031	98.721	97.649
11	0.060	16.656	98.779	97.649
12	0.059	17.030	98.780	97.651

**Tabla 23.** Periodo fundamental, frecuencia y masa participativa en Etabs.

Modo	Periodo (s)	Frecuencia (Hz)	Sum UX (%)	Sum UY (%)
1	0.415	2.412	19.280	45.560
2	0.375	2.668	82.890	58.690
3	0.216	4.628	82.890	90.400
4	0.125	7.999	92.500	91.510
5	0.119	8.403	96.300	92.500
6	0.073	13.753	96.610	96.210
7	0.070	14.340	98.360	97.290
8	0.060	16.606	98.490	97.290
9	0.058	17.329	98.520	97.450
10	0.057	17.620	98.540	97.450
11	0.056	17.963	98.540	97.510
12	0.054	18.403	98.780	97.510

La Tabla 22 y 23 muestra los resultados comparativos de los periodos, frecuencias y masa participativa de los softwares Robot

Structural y Etabs; obteniéndose resultados que no difieren significativamente en ambos softwares.



**Figura 11.** Comparación de los periodos por cada modo de vibración.

Como se observa en la figura el periodo de vibración para el primer modo en Robot Structural es mayor en 0.049 segundos (11.80%) respecto al periodo del Etabs y ambos resultados no difieren significativamente.

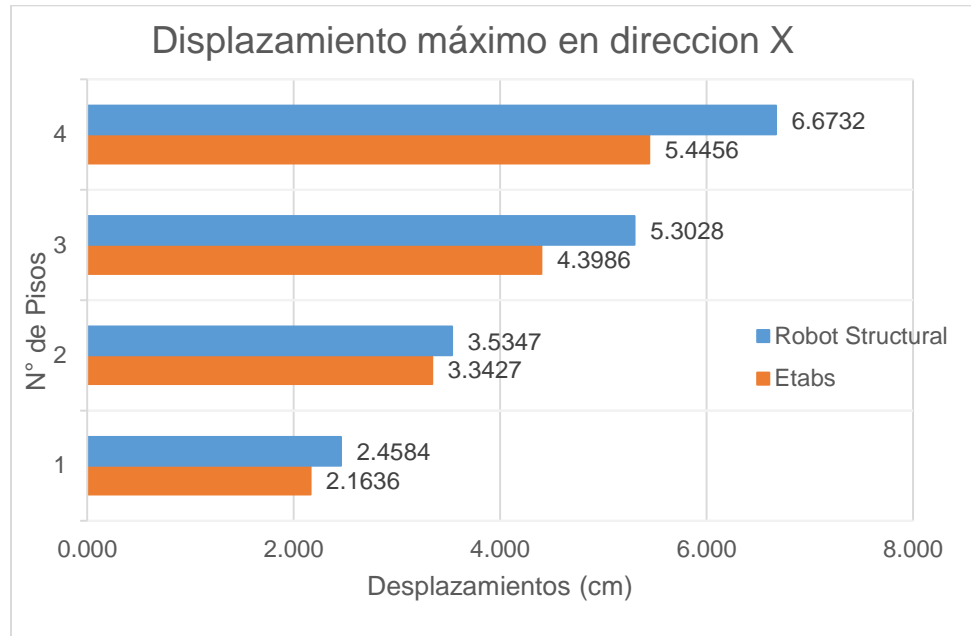
La sumatoria de masas participativas tanto en Robot Structural y Etabs exceden el 90% de la masa total de la edificación por lo que no es necesario aumentar el número de modos según la norma E.030.

#### 4.2.3. Desplazamiento lateral

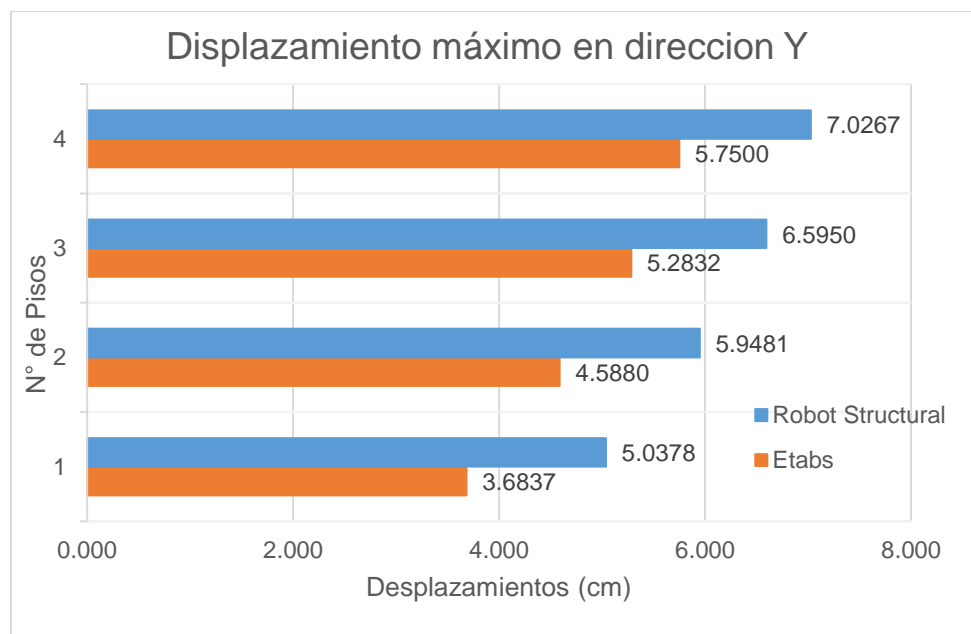
**Tabla 24.** Comparación de desplazamientos máximos por sismo dinámico.

N° Piso	UX (cm)		UY (cm)	
	Robot	Etabs	Robot	Etabs
4	6.6732	5.4456	7.0267	5.7500
3	5.3028	4.3986	6.5950	5.2832
2	3.5347	3.3427	5.9481	4.5880
1	2.4584	2.1636	5.0378	3.6837

La Tabla 24 muestra los resultados de los desplazamientos máximos obtenidos directamente del software Robot Structure y Etabs debido al sismo dinámico en dirección X & Y.



**Figura 12.** Comparación de desplazamiento máximo por sismo dinámico X.



**Figura 13.** Comparación de desplazamiento máximo por sismo dinámico Y.

**Tabla 25.** Comparación del control de deriva por sismo dinámico X.

N° Piso	Di (X)		Maximo ≤ 0.005
	Robot	Etabs	
P4	0.004	0.004	OK
P3	0.005	0.005	FALLA
P2	0.005	0.005	FALLA
P1	0.005	0.006	FALLA

**Tabla 26.** Comparación del control de deriva por sismo dinámico Y.

N° Piso	Di (Y)		Maximo ≤ 0.005
	Robot	Etabs	
P4	0.001	0.002	OK
P3	0.002	0.002	OK
P2	0.002	0.003	OK
P1	0.008	0.011	FALLA

En la Tabla 25 y 26 se muestra los resultados de las derivas debido al sismo dinámico de ambos softwares, no cumpliendo las especificaciones de la norma E.030, ya que exceden al máximo 0.005 y los resultados no difieren significativamente.

#### 4.2.4. Fuerzas internas por los estados de carga

##### Reacciones en los apoyos

**Tabla 27.** Comparación de las reacciones debido a carga muerta total.

Base	Robot	Etabs
Ejes	FZ (PP+CM)	
A1	14.139	13.880
A2	17.304	17.920
A3	13.861	13.810
A4	10.047	8.190
B1	24.663	23.910
B2	23.576	24.120
B3	26.498	25.460
B4	8.320	7.430
C1	19.089	18.290
C2	22.494	23.240
C3	15.847	14.730
D1	13.924	13.430
D2	20.510	20.690
	230.272 Ton-f	225.100 Ton-f

**Tabla 28.** Comparación de las reacciones debido a carga viva.

<b>Base</b>	<b>Robot</b>	<b>Etabs</b>
<b>Ejes</b>	<b>FZ (CV)</b>	
A1	1.997	1.970
A2	2.479	2.740
A3	2.002	2.020
A4	2.684	2.060
B1	5.410	5.270
B2	4.275	4.470
B3	6.489	6.220
B4	1.959	1.670
C1	3.891	3.720
C2	4.315	4.630
C3	3.239	2.970
D1	1.736	1.670
D2	3.130	3.270
	43.606 Ton-f	42.680 Ton-f

**Tabla 29.** Comparación de las reacciones debido a Sismo en X & Y.

<b>Base</b>	<b>Robot</b>		<b>Etabs</b>	
<b>Ejes</b>	<b>FZ (SXX )</b>	<b>FZ (SYY )</b>	<b>FZ (SXX )</b>	<b>FZ (SYY )</b>
A1	49.086	108.911	54.200	92.110
A2	151.865	78.900	140.390	62.570
A3	43.531	108.143	36.580	89.490
A4	33.227	29.225	52.170	54.990
B1	2.998	5.697	4.540	7.330
B2	227.763	105.137	202.160	85.050
B3	17.996	16.229	31.210	28.190
B4	18.668	14.108	21.040	13.720
C1	132.898	121.127	115.570	116.300
C2	79.915	50.422	75.210	46.010
C3	12.544	3.631	13.130	8.710
D1	89.595	32.995	87.590	36.560
D2	160.092	74.531	138.050	84.680
	1020.18 Tn-f	749.06 Tn-f	971.84 Tn-f	725.71Tn-f

Se muestran la comparación de las reacciones calculadas en la base de la estructura teniendo una variación mínima en ambos softwares.

#### **4.3. Diseño estructural aplicando el software Robot Structural y Etabs**

Se verifico el diseño de la viga más crítica con ambos softwares, realizando el armado en Robot Structural, con aceros longitudinales de 4 barras de  $\emptyset$  1/2" y estribos de confinamiento de  $\emptyset$  3/8" a una separación 1@0.05, 7@0.10, Rto@0.20 m obteniendo resultados no satisfactorios, ya que la viga fallara, cabe mencionar que Robot arroja una ventana de advertencia con los errores de cálculo. Por otro lado, en Etabs nos muestra las cuantías de acero que son necesarios; arrojando el elemento en color rojo que indica que la viga fallara, en ambos softwares los aceros asignados no son suficientes.

Al verificar el diseño de la columna más crítica en ambos softwares; se obtuvo los siguientes resultados: Para Robot Structural los aceros asignado para dichas secciones no cumplen con los requisitos de las normativas, considerado para los aceros longitudinales 4 barras de  $\emptyset$  1/2" y con estribos de  $\emptyset$  3/8" a una separación 1@0.05, 6@0.10, Rto@20 cm. Para Etabs nos muestra las cuantías de acero en este caso nos indica que la columna fallara; en ambos softwares los aceros evaluados no son suficientes. El software Robot tienen mayores ventajas en cuanto al diseño de los elementos estructurales debido a que se puede realizar el armado de los aceros en el mismo software y permite al usuario conocer la cuantificación de materiales de acero y concreto que son necesarios para la construcción de los diferentes elementos estructurales.

## 4.4. Propuesta de Refuerzo Sísmico

### 4.4.1. Refuerzo incorporando muros de concreto armado

Con el fin de disminuir las derivas se incorpora muros de concreto armado en el primer nivel donde existe problema de piso blando y discontinuidad de muros portantes.

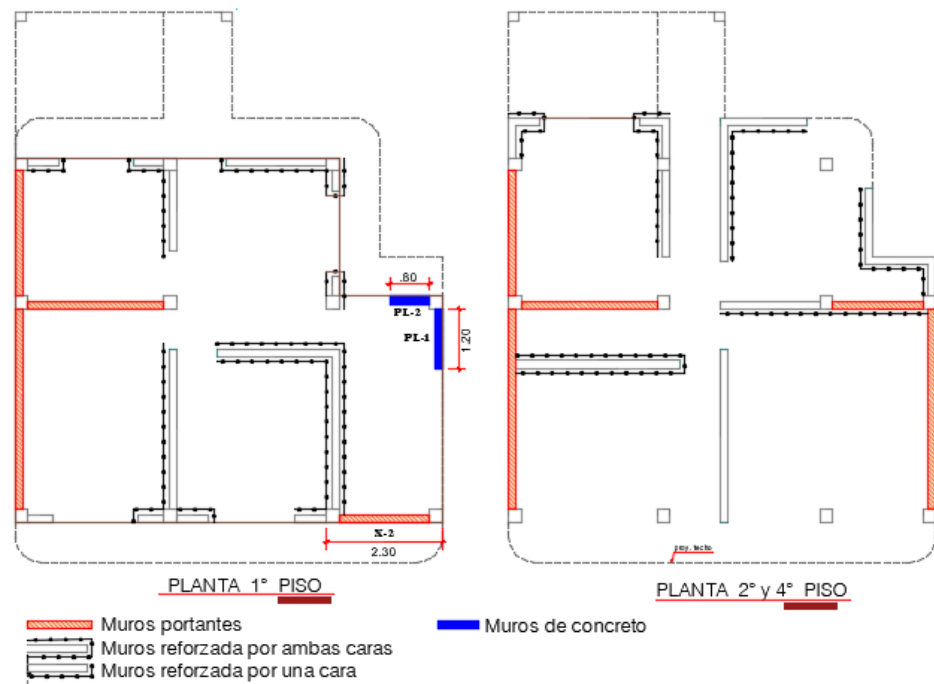


Figura 14. Planta propuesta de refuerzo sísmico.

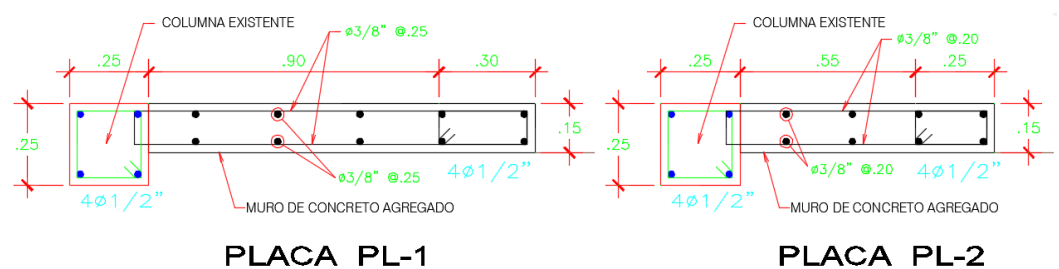


Figura 15. Detalle de acero de muro de concreto incorporada.

Tabla 30. Control de deriva debido al reforzamiento en dirección X.

Piso	Carga	Deriva $\Delta$	Di $R \cdot \Delta$	Maximo $\leq 0.005$
P4	SXX Max	0.0041	0.004	OK
P3	SXX Max	0.0055	0.005	OK
P2	SXX Max	0.0056	0.005	OK
P1	SXX Max	0.0026	0.002	OK



**Tabla 31.** Control de deriva debido al reforzamiento en dirección Y.

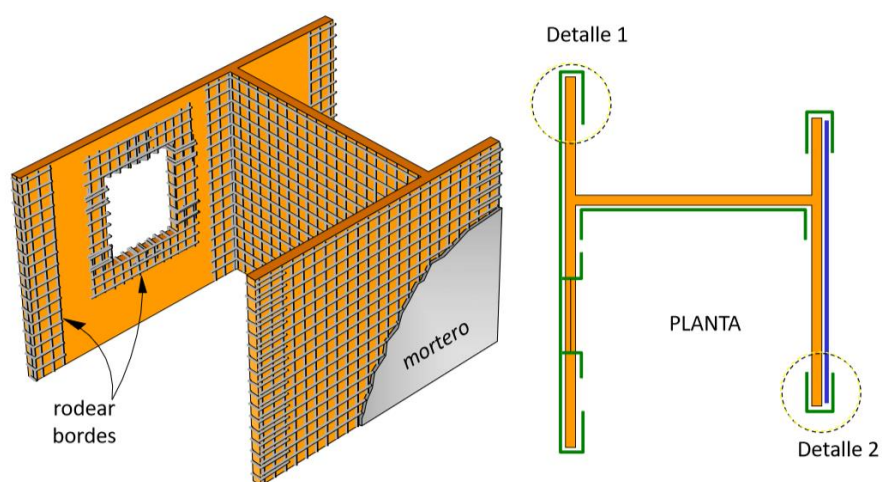
Piso	Carga	Deriva $\Delta$	Di $R^*\Delta$	Maximo $\leq 0.005$
P4	SYY Max	0.0020	0.002	OK
P3	SYY Max	0.0030	0.003	OK
P2	SYY Max	0.0032	0.003	OK
P1	SYY Max	0.0017	0.002	OK

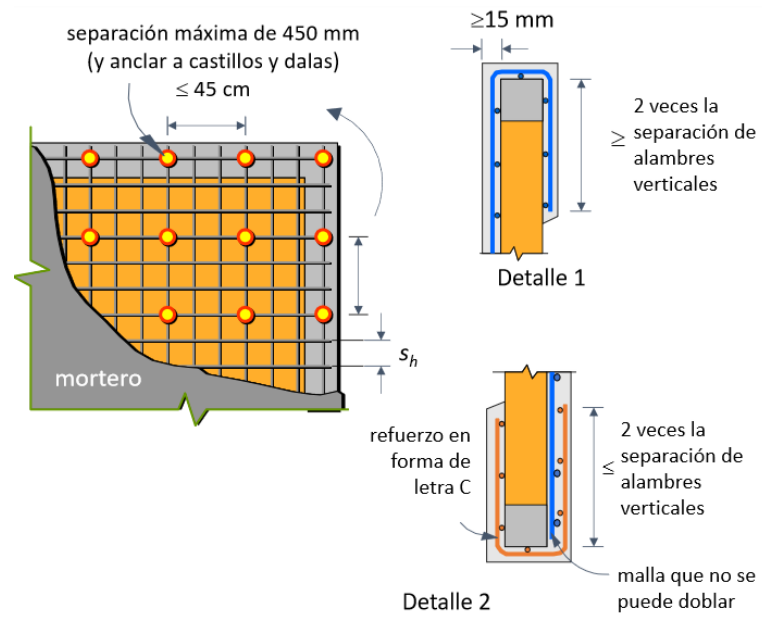
En la Tabla 30 y 31 se observa que cumple las especificaciones de la norma E.030, no superando el valor máximo permisible.

#### 4.4.2. Muros reforzados con malla electrosoldada

Debido a que no existe una densidad mínima de muros en ambas direcciones, se propuso un reforzamiento con malla electrosoldada, logrando así obtener mayor resistencia de los muros no portantes y disminuir la falla frágil por corte.

Esta técnica consiste en encamisar ambos lados o una cara de la mampostería con malla electrosoldada (de 4.5mm de diámetro espaciadas a 15cm) y recubrirla con mortero en proporción cemento – arena fina 1:4.

**Figura 16.** Muros reforzados con malla electrosoldada.



**Figura 17.** Detalle de muros reforzados con malla electrosoldada.

De esta forma se logra un diseño conservador que disminuya los daños de las viviendas y evitar el colapso de las estructuras a causa de la falla de la mampostería durante los sismos.

## **CAPÍTULO V**

### **DISCUSIÓN DE RESULTADOS**

#### **5.1. Análisis estático aplicando el software Robot Structural y Etabs**

El análisis estático inicia con la obtención de la cortante estática en la base (ver Tabla 14); se puede observar que los valores obtenidos en el software Robot Structural (305.91 Ton-f) son mayores con respecto a lo obtenidos con Etabs (298.573 Ton-f), con una variación de 7.34 Ton-f representado en porcentajes 2.45%; los cuales fueron calculados mediante los parámetros de la norma peruana E.030. Los resultados con referencia a la tesis (Carabela, 2013) muestran que la cortante estática en Robot Structural es mayor en 1.5% respecto a lo obtenido en Etabs, por lo que no existe mucha variación.

En la Tabla 15 se comparó la distribución de fuerzas en altura en las direcciones X & Y teniendo una variación mayor en el software Robot Structural con respecto a Etabs, siendo para el Piso 1 mayor en 1.879 Ton-f (5.15%), P2 mayor en 0.912 Ton-f (1.29%), P3 mayor en 1.344 Ton-f (1.29%) y el P4 mayor en 3.202 Ton-f (3.67).

Los desplazamientos laterales relativos, más conocidos como derivas, para sismo estática en dirección X son comparados en la Tabla 17, se muestra que los resultados no son satisfactorios en los 3 primeros niveles ya que exceden al máximo establecido de 0.005 según la Norma Peruana E.0.30; también cabe mencionar que las derivas obtenidas, tienen una mínima variación en ambos softwares. Para las derivas en dirección Y (ver Tabla 18), tampoco cumplen con las especificaciones de la norma en el primer nivel, y los resultados no difieren significativamente en ambos softwares.

## **5.2. Análisis dinámico aplicando el software Robot Structural y Etabs**

En la Tabla 19 se puede observar la cortante dinámico en la base en la dirección X, donde los valores obtenidos en el software Robot Structural es mayor en una variación de 5.05 Ton-f (2.20%) con respecto a lo obtenido con Etabs; además en la dirección Y también la cortante dinámica en Robot Structural es mayor con una variación de 2.75 Ton-f (1.45%) respecto a Etabs. De acuerdo a la fuerza cortante mínima en la base en ambas direcciones no cumple con la condición de la norma, por lo que fue necesario escalar para realizar el diseño.

En la Tabla 22 y 23 se muestran los valores de los periodos de vibración obtenidas por ambos softwares, se observa que los valores obtenidos por Robot Structural para el primer modo de vibración (modo traslacional en dirección X) es mayor en 0.05 segundos (11.80%) respecto a Etabs, además que para los 12 modos los resultados no difieren significativamente en ambos softwares.

La sumatoria de masas participativas tanto en Robot Structural y Etabs exceden el 90% de la masa total de la edificación por lo que no es necesario aumentar el número de modos según la norma E.030. Analizando la masa participativa del modo 12 que son los máximos alcanzados, en la dirección X se tiene para ambos softwares una masa participativa de 98.78%. Para la dirección Y el software Robot Structural es más conservador con un 97.65% de masa participativa, en comparación a Etabs con un 97.51% de masa participativa, con una diferencia de 0.14%.

Las derivas para el sismo dinámico se muestran en la Tabla 25 y 26, cuyos resultados en ambos softwares no cumplen las especificaciones de la norma E.030, ya que exceden al máximo 0.005. Comparando en la dirección X en los 3 primeros niveles no cumple las especificaciones de la norma y los resultados obtenidos no difieren significativamente; también cabe mencionar que para la dirección Y las derivas en el primer nivel no cumple el límite máximo según la norma; y los resultados también no difieren significativamente.

Con respecto a la comparación de las reacciones debido a la carga muerta total (ver Tabla 27), el software Robot Structural es más conservador ya que se obtuvo (de la sumatoria de todas las fuerzas en los apoyos principales) un valor de 228.036 ton-f mientras que en el software Etabs se obtuvo un valor de 225.10 Ton-f, es decir, las reacciones obtenidas por el software Robot Structural son mayores, en 2.936 Ton-f (1.30%) respecto a las reacciones obtenidas con Etabs, esto concuerda porcentualmente con lo obtenido en la tesis (Quinchiguango y Taco 2016),

pues obtuvo que reacciones en Robot Structural es mayor en 2.80% respecto a lo obtenido en Etabs. Por otro lado, las reacciones debido a las cargas vivas calculadas con el software Robot Structural es mayor en 0.062 Ton-f (0.15%) respecto a lo calculado por el software Etabs.

Otro aspecto importante a analizar fue las reacciones por acción de la fuerza sísmica (Tabla 29); en la dirección X el software Robot Structural da valores más conservadores (1020.18 Ton-f) que el software Etabs (971.84 Ton-f), es decir, existe una variación de 48.34 Ton-f (4.97%) entre los resultados; comparando en la dirección Y también los valores obtenidos en Robot Structural son mayores en 23.35 Ton-f (3.20%) a los obtenidos con Etabs.

### **5.3. Diseño estructural aplicando el software Robot Structural y Etabs**

Al verificar el diseño de las vigas, se obtuvieron resultados no satisfactorios en ambos softwares, ya que las secciones son deficientes para la vivienda de 4 niveles. En cuanto al diseño con el software Robot Structural los resultados es más detallado en cuanto a las armaduras de los aceros, pudiendo realizar el armado con las especificaciones de la norma, respecto al Etabs solo nos muestra las áreas de los aceros y se tiene que utilizar holas en Excel para el cálculo de las armaduras.

Los resultados del diseño de las columnas también no son satisfactorios en ambos softwares; en el software Robot Structural es de igual manera más detallado en cuanto al armado de los aceros respecto al software Etabs.

## CONCLUSIONES

1. La evaluación del comportamiento estructural de una vivienda autoconstruida aplicando el software Robot Structural Analysis y Etabs, no se comporta adecuadamente, no cumpliendo los requerimientos mínimos de las Normas Peruanas (E.030, E.060, E.070).
2. De acuerdo al análisis estático, los resultados obtenidos no cumplen los parámetros mínimos de la Norma E.030, y según el análisis comparativo se puede mencionar lo siguiente: la cortante estática del software Robot Structural es mayor en 2.45% respecto a Etabs y de la misma manera en la distribución de fuerzas en altura; las derivas exceden al máximo de 0.005 establecidos por la norma por lo que fallara la estructura, y los resultados de ambos softwares no difieren significativamente, concluyendo que ambos resultados son válidos.
3. Los resultados del análisis dinámico no cumplen las especificaciones de la Norma E.030, según la comparación se puede mencionar lo siguiente: la cortante dinámica en la base en el software Robot Structural es mayor en 2.20% (en dirección X) y 1.45% (en dirección Y) que los valores en Etabs, y la fuerza cortante mínima en la base no cumplen la condición de la norma en ambos softwares; asimismo los periodos de vibración y frecuencias no difieren significativamente en ambos softwares; la sumatoria de masas participativas en la dirección X en ambos softwares alcanzó 98.78%, y en la dirección Y en Robot Structural alcanzó una masa de 97.65% y en Etabs 97.51%; en cuanto a las derivas obtenidos en ambos softwares exceden al máximo de 0.005 por lo que la estructura fallara, y los resultados no difieren

significativamente. Con respecto a las fuerzas internas el software Robot Structural presento valores más conservadores que el software Etabs; sin embargo, estas diferencias no resultan ser significativas, validando los resultados para el análisis dinámico en ambos softwares.

4. Los resultados obtenidos del diseño de los elementos estructurales en ambos softwares son similares, no cumpliendo las exigencias de la Norma E.060, ya que los aceros existentes no son suficientes para soportar cargas. Y se demuestra la eficacia que posee el software Robot Structural que nos permite realizar el armado detallado de los aceros en el mismo software y pudiendo visualizar la armadura tridimensional de manera real; en cuanto a Etabs solo nos muestra las áreas de los aceros y se tiene que utilizar plantillas de cálculo en Excel. Debido al problema de piso blando y discontinuidad de elementos estructurales en el primer nivel, se propuso una alternativa de reforzamiento sísmico, que consiste en incorporar dos placas de concreto armado  $e = 0.15$  m para disminuir las derivas; y reforzamiento de los muros de albañilería con malla electrosoldada para aumentar la resistencia de los muros.



## RECOMENDACIONES

1. Para el análisis comparativo mediante softwares, se recomienda seguir las etapas de pre procesamiento, procesamiento y pos procesamiento; para asegurar el correcto comportamiento de las estructuras en un contexto real.
2. Se recomienda la aplicación del análisis estático aplicando el software Robot y Etabs, para edificaciones con alturas moderadas (no más de 15 m para albañilerías confinadas), considerando un solo modo de vibración, tal como lo estipulada la Norma E.030 del RNE.
3. Se recomienda la aplicación del análisis dinámico aplicando el software Robot Structural Analysis y Etabs, para edificaciones de albañilería confinada a fin de minimizar costos puesto que, presenta valores más realistas a comparación del análisis estático.
4. Se sugiere al momento de diseñar una estructura aplicando softwares asistido por computadoras, tener un buen criterio estructural y no confiar totalmente en los resultados que arroja el programa comprobando los cálculos de manera manual.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Blondet, M. (2012). *Manual de autoconstrucción y mejoramiento de viviendas*. Lima.
2. Canchanya, S., & Vargas, R. (2017). *Estudio comparativo entre el análisis sísmico estático y el dinámico, del nuevo aulario de ingeniería civil de la Universidad Científica del Perú-UCP-Tarapoto-2017*. Universidad Científica del Perú-UCP.
3. Carabela, J. (2013). *Comparación de la modelación, análisis y diseño de estructuras entre los programas: SAP2000, Etabs, STAAD PRO y Robot*. Universidad Nacional Autónoma de México.
4. Chevarria, D. (2014). *Análisis y diseño estructural sismorresistente por el método de elementos finitos: Pabellon de aulas I.E.S. Charamaya - Mañazo*. Universidad Nacional del Antiplano.
5. Choquehuanca, K. (2017). *Análisis y diseño estructural de una edificación en concreto armado de 5 pisos y 1 semisótano*. Universidad Nacional de San Martín.
6. Civilgeeks.com. (2014). . Retrieved from <https://civilgeeks.com/2014/02/24/6-razones-por-las-que-autodesk-robot-es-uno-de-los-mejor-programa-de-calculo-diseno-y-simulacion-de-estructuras/>
7. CSI. (2017). IGENMAI. Retrieved from <http://www.csiespana.com/about>
8. E.020. (2006). *Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE)*. Lima - Perú.
9. E.030. (2016). *“Diseño sismorresistente” del Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE)*. Lima - Perú.
10. E.070. (2006). *Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE)*. Lima - Perú.

11. Fernandez, O. (2010). *Evaluación de la Vulnerabilidad Estructural en Edificaciones. Centro de Peritaje Consejo Departamental de Lima. Lima - Perú.*
12. Guevara, I., & Vera, E. (2013). *Diseño de un edificio de concreto armado de 6 pisos con semisotano para un hotel-restaurant-ubicado en el distrito de Nuevo Chimbote, provincia Santa. Universidad Privada Antenor Orrego.*
13. Nieto, M. (2016). *Manejo del software Revit y su incidencia en el modelado de información para la construcción de edificaciones en la ciudad de Ambato, provincia de Tungurahua". Universidad Técnica de Ambato.*
14. Ozgualdo, C. (2017). *Riesgo sísmico de las viviendas autoconstruidas del distrito de Pueblo Nuevo – Lambayeque en el 2017. Universidad Cesar Vallejo.*
15. Quinchiguano, M., & Taco, D. (2016). *Análisis estructural de una edificación de hormigón armado a través del software Robot analysis structural. Universidad Central del Ecuador.*
16. Ruiz, M., & Campos, E. (2009). *Diseño de un edificio de concreto armado de 7 niveles. Pontificis Universidad Católica del Perú.*
17. Taboada, J., & De Izcue, A. (2009). *Análisis y diseño de edificios asistido por computadoras. Pontificia Universidad Católica del Perú.*
18. Vera, R. Y. (2017). *Evaluación del comportamiento estructural de una vivienda autoconstruida el año 2012, sector camino real II, calle tres marías- provincia de Jaen. Universidad Nacional de Cajamarca.*
19. Villarroel, C. (2016). *Análisis y diseño de estructuras con Autodesk Robot Structural Analysis (Primera). Santa Cruz - Bolivia.*

**ANEXOS**

**ANEXO N° 01: MATRIZ DE CONSISTENCIA**

**Título: ANÁLISIS COMPARATIVO APLICANDO EL SOFTWARE ROBOT STRUCTURAL ANALYSIS Y ETABS PARA EVALUAR EL COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL DE VIVIENDAS AUTOCONSTRUIDAS**

Problema	Objetivos	Justificación	Marco teórico	Hipótesis	Variables	Metodología
<p><b>Problema general:</b> ¿Cuál es el resultado del análisis comparativo aplicando el software Robot Structural Analysis y Etabs para evaluar el comportamiento estructural de viviendas autoconstruidas en el distrito de Pucará, Huancayo, 2017?</p> <p><b>Problemas específicos:</b> a) ¿Cuál es el análisis estático aplicando el software Robot Structural Analysis y Etabs para evaluar el comportamiento estructural de viviendas autoconstruidas? b) ¿Cuál es el análisis dinámico aplicando el software Robot Structural Analysis y Etabs para evaluar el comportamiento estructural de viviendas autoconstruidas? c) ¿Cuál es el diseño estructural aplicando el software Robot Structural Analysis y Etabs para evaluar el comportamiento estructural de viviendas autoconstruidas?</p>	<p><b>Objetivo general:</b> Realizar el análisis comparativo aplicando el software Robot Structural Analysis y Etabs para evaluar el comportamiento estructural de viviendas autoconstruidas en el distrito de Pucará, Huancayo, 2017.</p> <p><b>Objetivos específicos:</b> a) Determinar el análisis estático aplicando el software Robot Structural Analysis y Etabs para evaluar el comportamiento estructural de viviendas autoconstruidas. b) Establecer el análisis dinámico aplicando el software Robot Structural Analysis y Etabs para evaluar el comportamiento estructural de viviendas autoconstruidas. c) Verificar el diseño estructural aplicando el software Robot Structural Analysis y Etabs para evaluar el comportamiento estructural de viviendas autoconstruidas.</p>	<p><b>Práctica o social</b> La presente investigación se realiza con el propósito de evaluar el comportamiento de las viviendas autoconstruidas, así garantizar la seguridad de las personas ante la posible ocurrencia de un sismo de considerables proporciones y plantear soluciones de reforzamiento de las estructuras.</p> <p><b>Metodológico</b> Esta investigación propone desarrollar un método para evaluar el comportamiento estructural de viviendas autoconstruidas, siguiendo las etapas, de pre procesamiento, y pos procesamiento, mediante una nueva herramienta de cálculo estructural, denominado Robot Structural Analysis; la metodología utilizada servirá para investigaciones análogas y con aplicación a otros temas.</p>	<p><b>Antecedentes nacionales</b> Taboada y De Izcue (2009), en su tesis titulada “Análisis y Diseño de Edificios asistido por computadoras”. Guevara y Vera (2013), en su tesis titulada “Diseño de un Edificio de Concreto Armado de 6 pisos con semisotano para un Hotel-Restaurant-Ubicado en el Distrito de Nuevo Chimbote, Provincia Santa”.</p> <p><b>Antecedentes internacionales</b> Quinchiguango y Taco (2016), en su investigación titulada “Análisis Estructural de una edificación de hormigón armado a través del Software Robot Analysis Structural”. Nieto (2016), en su investigación titulada “Manejo del software Revit y su incidencia en el modelado de información para la construcción de edificaciones en la ciudad de Ambato, provincia de Tungurahua”.</p>	<p><b>Hipótesis general:</b> El resultado del análisis comparativo aplicando el software Robot Structural Analysis y Etabs presenta deficiente comportamiento estructural de viviendas autoconstruidas en el distrito de Pucará, Huancayo, 2017, no cumpliendo los requerimientos mínimos de la norma peruana.</p> <p><b>Hipótesis específicas:</b> a) El análisis estático aplicando el software Robot Structural Analysis y Etabs poseen un mal comportamiento estructural de viviendas autoconstruidas, no cumpliendo los parámetros mínimos de la norma E.030. b) El análisis dinámico aplicando el software Robot Structural Analysis y Etabs presenta deficiente comportamiento estructural de viviendas autoconstruidas, no cumpliendo las especificaciones de la norma E.030. c) El diseño estructural aplicando el software Robot Structural Analysis y Etabs presenta deficiente comportamiento estructural de las viviendas autoconstruidas, no cumpliendo las exigencias de la norma E060.</p>	<p><b>Variable independiente</b> X: Análisis estructural <b>Dimensiones:</b> X1: Análisis estático. X2: Análisis dinámico. X3: diseño estructural.</p> <p><b>Variable dependiente Y:</b> Comportamiento estructural. <b>Dimensiones:</b> Y1: Comportamiento estructural.</p>	<p><b>Método:</b> Método científico. <b>Tipo:</b> Aplicada. <b>Nivel:</b> Descriptivo - correlacional. <b>Diseño:</b> No experimental – transeccional. <b>Población:</b> Todas las viviendas autoconstruidas en el distrito de Pucará, provincia de Huancayo y región Junín. <b>Muestra:</b> Corresponde a una vivienda autoconstruida en el distrito de Pucará.</p>

**ANEXO N° 02: INSTRUMENTO DE INVESTIGACIÓN**

Los instrumentos de investigación que se utilizaron fueron:

- Software Robot Structural Analysis.
- Software Etabs V16.2.0.
- Hojas de cálculos.
- RNE (E.030 2016, E.070, E.060)



**ANEXO N° 03: DESARROLLO DEL PROCEDIMIENTO DE ANÁLISIS Y  
DISEÑO ESTRUCTURAL**

## A. Guía del software Robot Structural Analysis

### Pre Procesamiento

#### Paso 1: Generalidades del software

Una vez que inicia el programa, elegir el tipo de estructura que será proyectada y despliega la interfaz de trabajo de Robot.

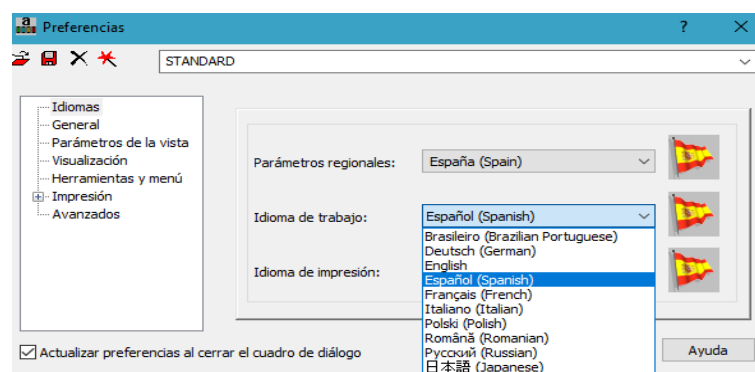


**Figura 18.** Elección del tipo de estructura en Robot.

Para este caso la opción 1, los parámetros de Robot son ajustados a las funciones del tipo de estructura seleccionado.

#### Configuración de idioma

Dirigirse a la barra de menú “herramientas >> Preferencias”. Para el presente trabajaremos en el idioma español.

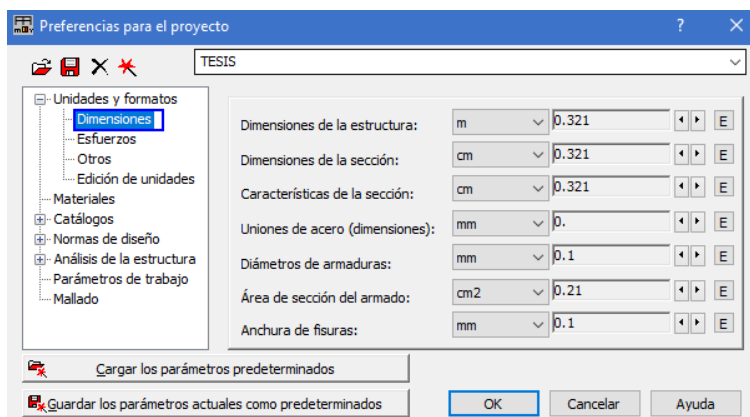


**Figura 19.** Configuración de idiomas en Robot.

## Paso 2: Definición de unidades, materiales y normas

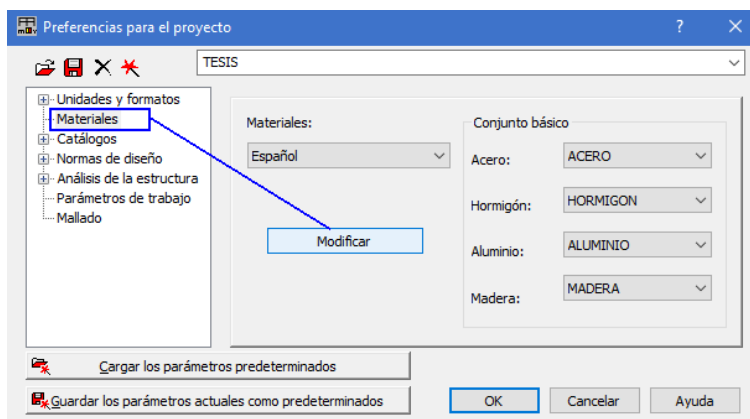
Accedemos al menú “Herramientas>>Preferencias para el proyecto”.

Unidades y formatos: Configurar las unidades tanto para dimensiones como para esfuerzos. Aparecerá un cuadro de diálogo:



**Figura 20.** Configuración de unidades en Robot.

Materiales: Permite definir las características de los materiales que se utilizarán como el acero, concreto, albañilería.



**Figura 21.** Modificar lista de materiales en Robot.

Con el botón Modificar, se crea materiales de trabajo.

**Definición del material**

Acero | Hormigón | Aluminio | Madera | Otros

Nombre: **RO GRADO 60** Descripción: **ACERO Fy=4200kg/cm2**

Elasticidad		Resistencia	
módulo de Young, E:	21000000. (T/m2)	Característico	42000.00 (T/m2)
coeficiente de Poisson, v:	0.3	reducción para el cortante:	1.54
coeficiente de Kirchoff, G:	8259701.3 (T/m2)	límite de tracción:	63000.00 (T/m2)
Peso específico (densidad):	7.853 (T/m3)	<input type="checkbox"/> Tratamiento térmico	
Dilatación térmica:	0.000012 (1/°C)		
Coeficiente de	0.04		

Agregar Eliminar **OK** Cancelar Ayuda

**Figura 22.** Definición del material de acero en Robot.

**Definición del material**

Acero | Hormigón | Aluminio | Madera | Otros

Nombre: **Concreto f'c=2** Descripción: **Concreto f'c=210 kg/cm2**

Elasticidad		Resistencia	
módulo de Young, E:	2173706.5 (T/m2)	Característico	2100.000 (T/m2)
coeficiente de Poisson, v:	0.15	Muestra:	Cilíndrico
coeficiente de Kirchoff, G:	945089.79 (T/m2)		
Peso específico (densidad):	2.400 (T/m3)		
Dilatación térmica:	0.000010 (1/°C)		
Coeficiente de amortiguamiento:	0.04		

Agregar Eliminar **OK** Cancelar Ayuda

**Figura 23.** Definición del material de concreto en Robot.

**Definición del material**

Acero | Hormigón | Aluminio | Madera | Otros

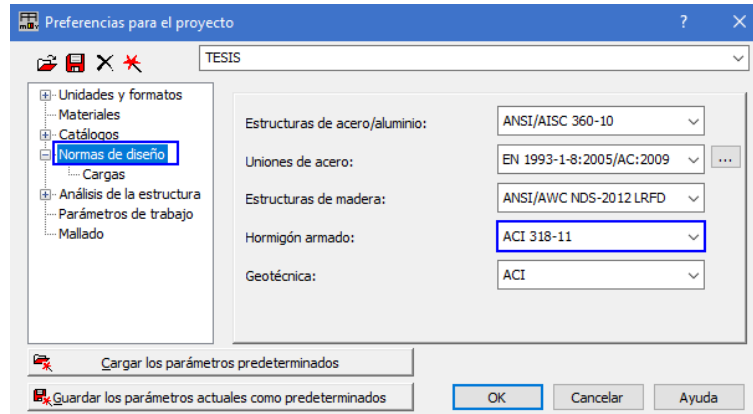
Nombre: **Albañilería** Descripción: **Albañilería**

Elasticidad		Resistencia	
módulo de Young, E:	175000.00 (T/m2)	resistencia de cálculo:	350.000 (T/m2)
coeficiente de Poisson, v:	0.25	reducción para el cortante:	1.73
coeficiente de Kirchoff, G:	70000.000 (T/m2)		
Peso específico (densidad):	1.800 (T/m3)		
Dilatación térmica:	0.000010 (1/°C)		
Coeficiente de	0.04		

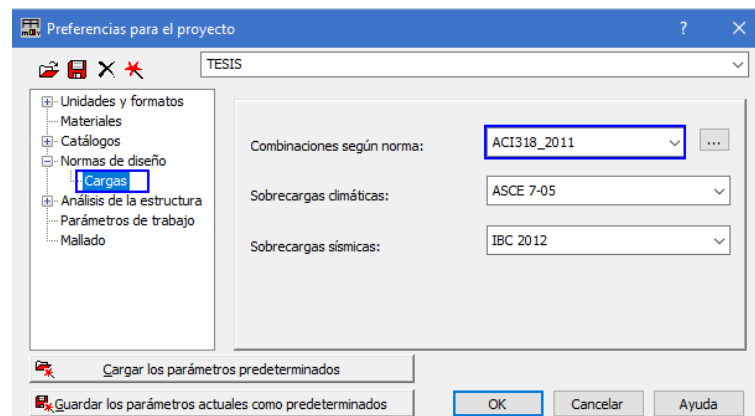
Agregar Eliminar **OK** Cancelar Ayuda

**Figura 24.** Definición del material de albañilería en Robot.

Normas de diseño: permite la selección de Normas a ser usadas para dimensionar la estructura. Para nuestro caso trabajaremos con la norma ACI 318-11 para hormigón armado y cargas.



**Figura 25.** Definición de normas de diseño en Robot.



**Figura 26.** Definición de norma de cargas en Robot.

### Paso 3: Líneas de construcción

En el menú “Estructura>>Líneas de construcción”, Aparecerá un cuadro de diálogo que deberá configurarse. Para definir las alturas de entepiso dar clic al icono “Plantas de la estructura”

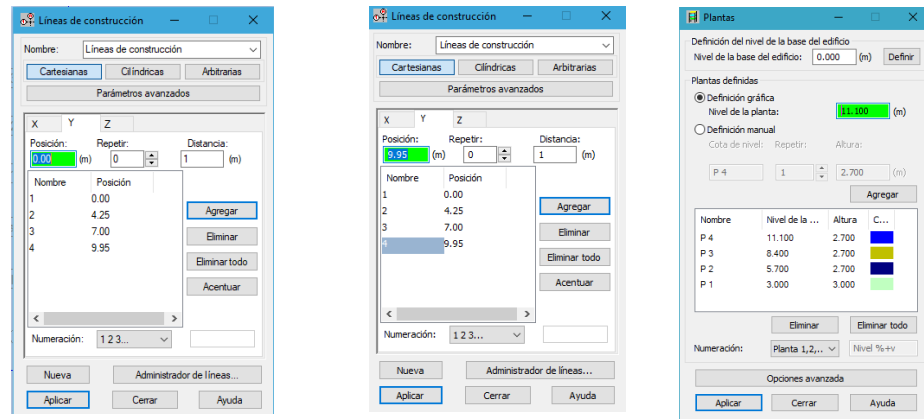


Figura 27. Definición de las grillas y las alturas de los pisos en Robot.

#### Paso 4: Creación de secciones

Viga y columna: activar el menú “Estructura >> propiedades >> sección”. Elegir la opción Nuevo. Y completar: “tipo de perfil” elegir la opción Viga (h. arm), elegir el material creado, luego introducir las dimensiones. Colocar un nombre, finalmente pulsar el botón Agregar.

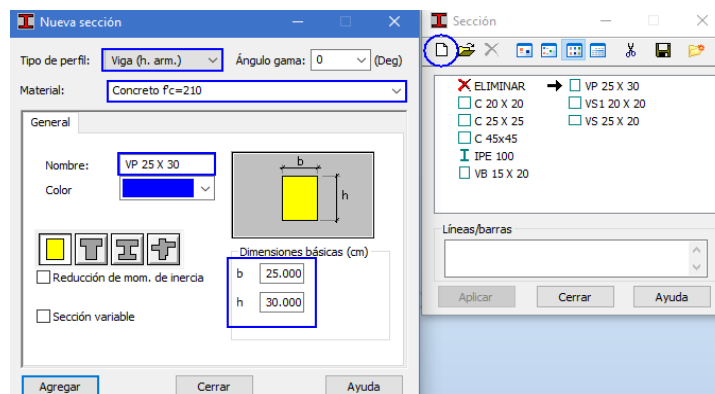


Figura 28. Creación de secciones para viga en Robot.

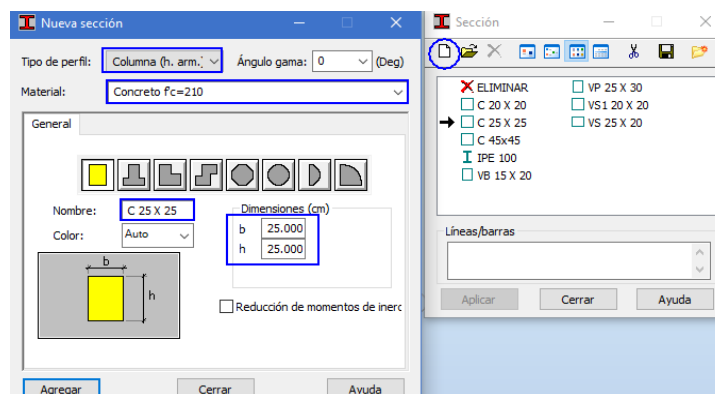


Figura 29. Creación de secciones para columna en Robot.

Tipo de losa: ir al menú “estructura >> propiedades >> espesor”, elegir en la opción “ortótropo” y de igual manera seguir los pasos anteriores para crear la losa aligerada.

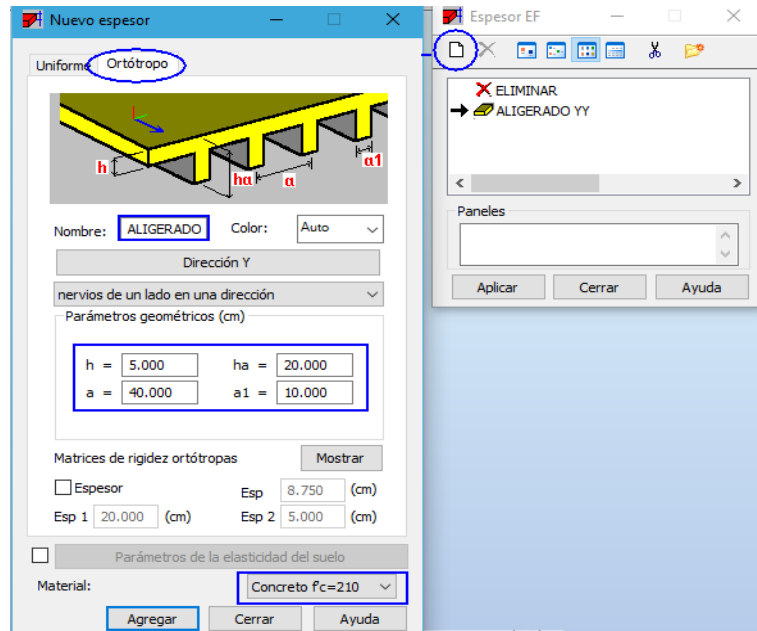



Figura 30. Creación de sección para losa en Robot.

### Paso 5: Dibujo del modelo

Dibujo de elementos columna: con el icono directo de elementos columna  “Tipo de Perfil” elegir Pilar de Hormigón Armado. Elegir la “Sección”. Proceder dibujar las columnas haciendo clic en las intersecciones de las líneas de construcción.

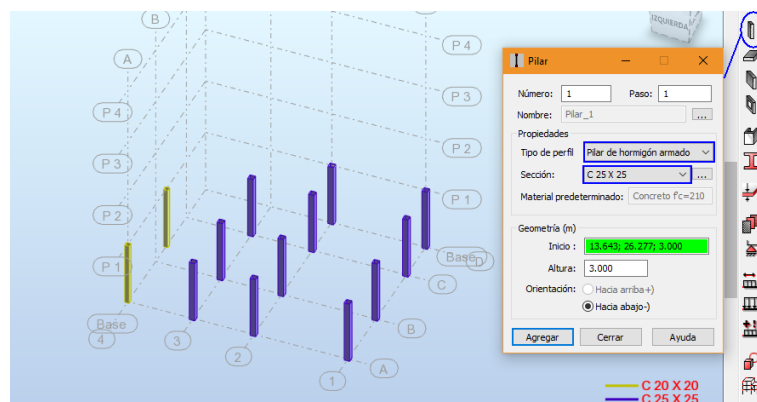
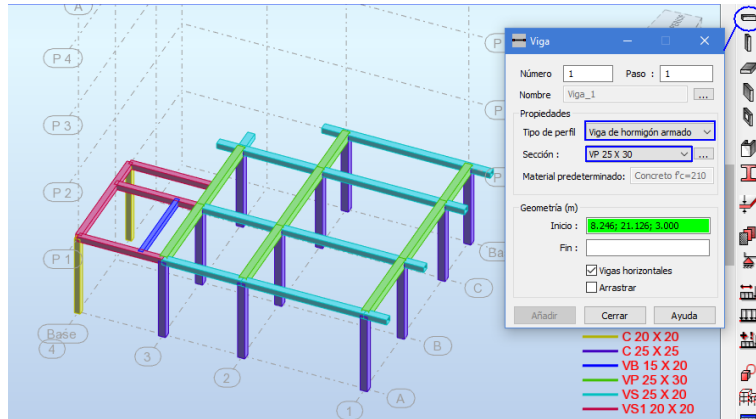


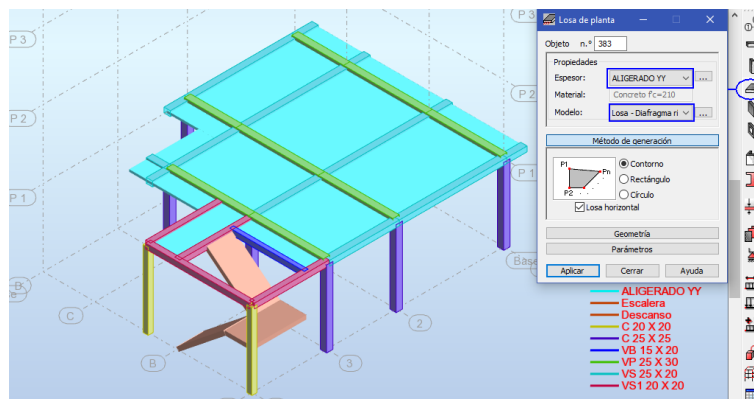
Figura 31. Dibujo de elementos columnas en Robot.

Dibujo de elementos viga: Con el icono directo para la asignación de elementos vigas. Siguiendo el mismo procedimiento dibuje las vigas configurando de antemano la sección a utilizar.



**Figura 32.** Dibujo de elementos vigas en Robot.

Dibujo de elementos losas: Con el icono directo “Losas de planta” elegir el espesor Losa Aligerada YY, en el “Modelo” elegir “Losa diafragma rígida”. De la misma manera se dibujar la escalera.



**Figura 33.** Dibujo de losas como diafragma rígido en Robot.

Dibujo de elementos muro: Seleccionar el icono directo “Muro” elegir el espesor anteriormente creados.



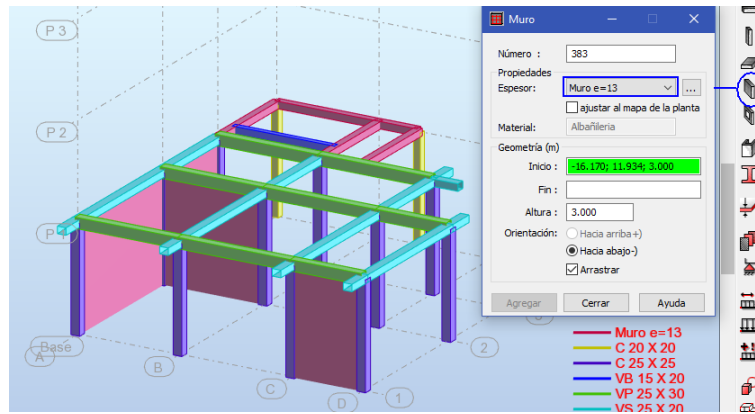


Figura 34. Dibujo de muro en Robot.

Multiniveles: Consiste en copiar los elementos para los pisos típicos, dirigirse al inspector de objetos “seleccionar P1” y anti click dirigirse a “Plantas >> copiar el contenido de la planta” nos aparece la siguiente pantalla donde colocamos número de repeticiones 3 y se copiara los pisos típicos.

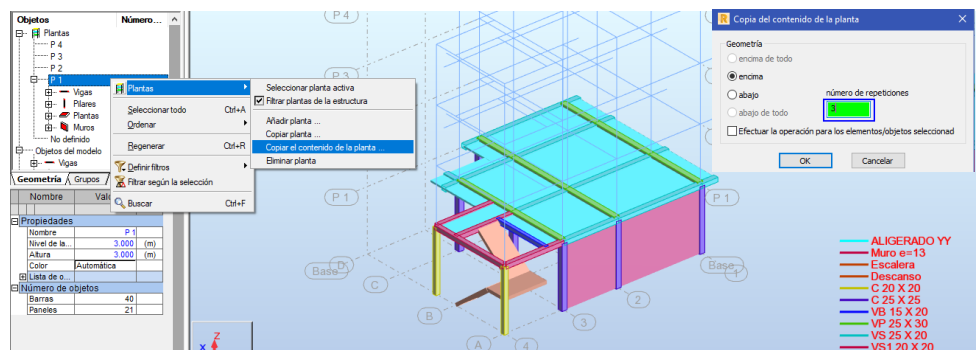


Figura 35. Multiniveles de pisos en Robot.

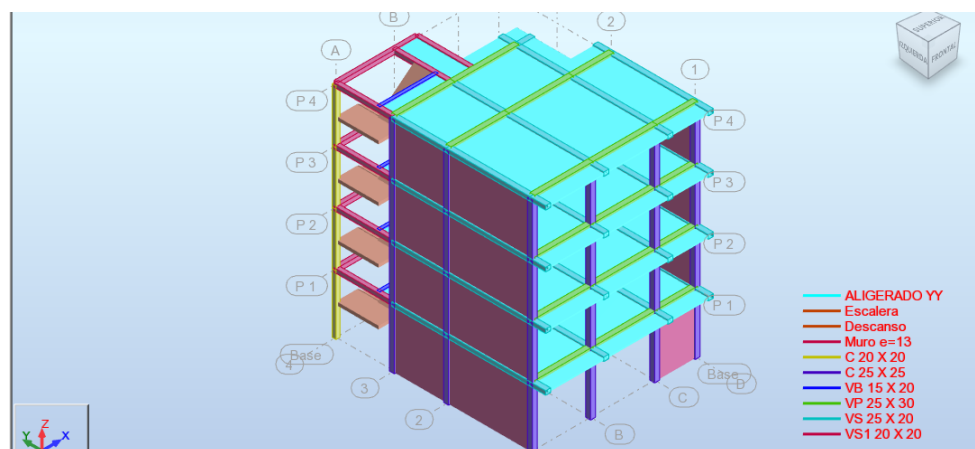


Figura 36. Visualización tridimensional en Robot.

## Paso 6: Asignación de restricciones

Seleccionar los apoyos en la base, a través del icono de la barra de herramientas “Apoyos” aplicar empotrado en la base.

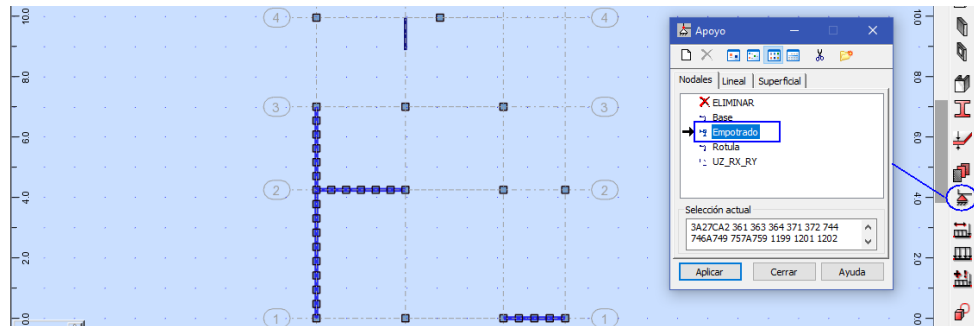


Figura 37. Restricciones asignadas en la base en Robot.

## Paso 7: Definición de Casos de carga (estático)

En el icono “Casos de carga”, agregar el estado PP (Peso propio), colocar la etiqueta y el nombre de la carga: PP, el tipo de carga que puede ser: Permanente (carga muerta), explotación (carga viva), y sísmica para este caso permanente, y pulse el botón agregar.

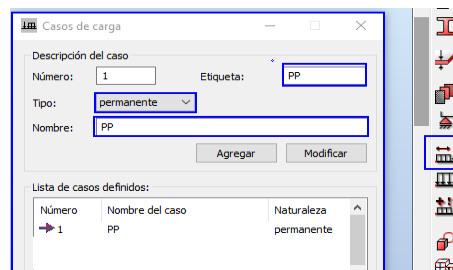


Figura 38. Definición del tipo de carga permanente en Robot.

Efectuar el mismo procedimiento para los diferentes casos de carga.

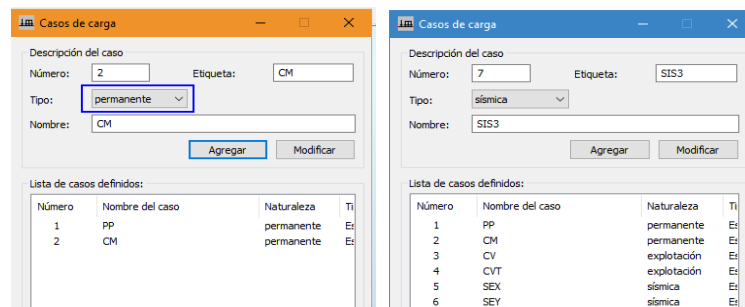


Figura 39. Resumen de la definición de tipos de carga en Robot.

## Paso 8: Ingresar casos de cargas de sismo estático

Ingresar al menú “Cargas >> Cargas especiales >> cargas ficticias”. Para la dirección X, “Cargas convertidas en X+”, seleccionar los casos con el botón ( PP y CM), luego pulse el botón . Se cargará dicho caso a la lista superior. En la opción “Coeficiente para conversión” colocar 1.118 (factor de la cortante basal), en la “dirección de cargas ficticias” seleccionar positivo en X+, agregar y generar cargas.

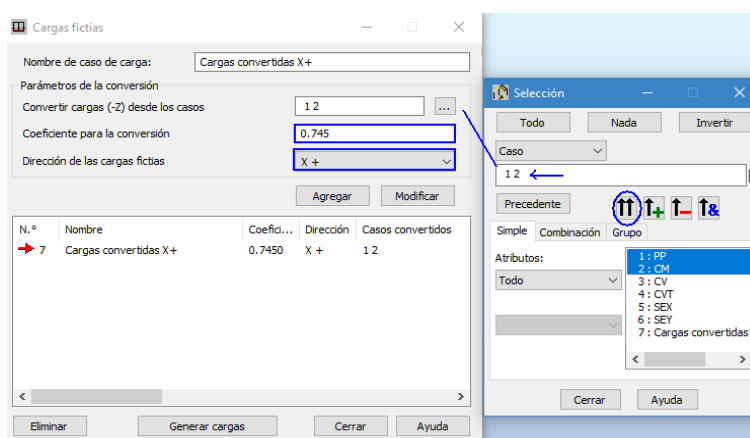


Figura 40. Carga lateral convertidas (PP+CM) en dirección X en Robot.

La fuerza sísmica vertical se considera el 25% de la carga viva. Por esta razón el coeficiente a ingresarse será de  $0.25 * (1.118) = 0.2795$ . Para ingresar dicho valor de igual manera seleccionar las cargas (CV y CVT), y generar cargas.

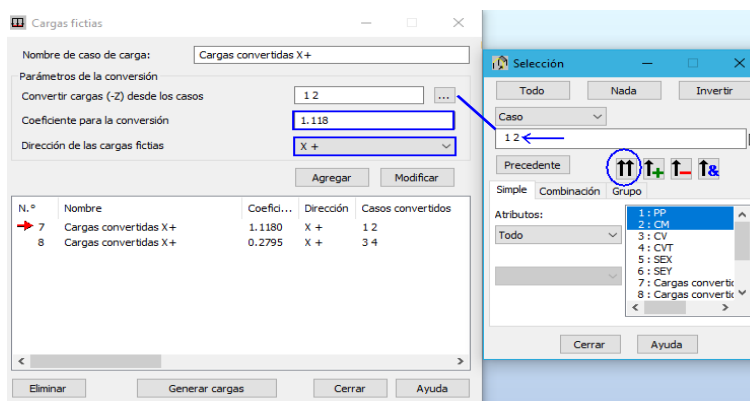


Figura 41. Carga lateral convertidas (CV y CVT) en dirección X en Robot.

Se efectuar el mismo procedimiento para designar las cargas convertidas en dirección “Y” con coeficiente de conversión de 0.118.

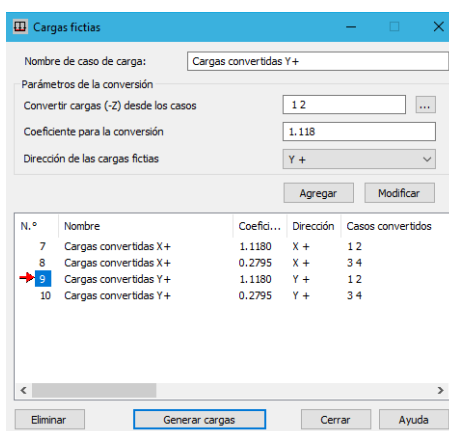


Figura 42. Carga lateral convertidas en dirección Y en Robot.

## Paso 9: Asignación de carga a la estructura

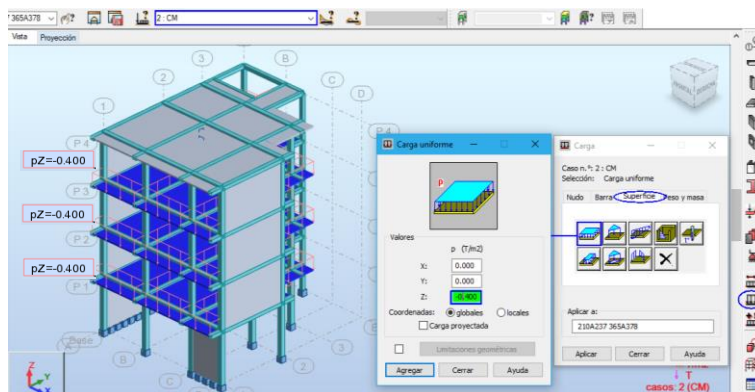
### Cargas unitarias

Peso de los ladrillos del aligerado	: 90 kg/m <sup>2</sup>
Tabiquería repartida (h=2.50m)	: 210 kg/m <sup>2</sup>
Acabados	: 100 kg/m <sup>2</sup>
Sobrecarga (Uso vivienda)	: 200 kg/m <sup>2</sup>
Sobrecarga (Azotea)	: 100 kg/m <sup>2</sup>
Sobrecarga (Escalera)	: 200 kg/m <sup>2</sup>

Tabla 32. Valores de carga muerta a asignar

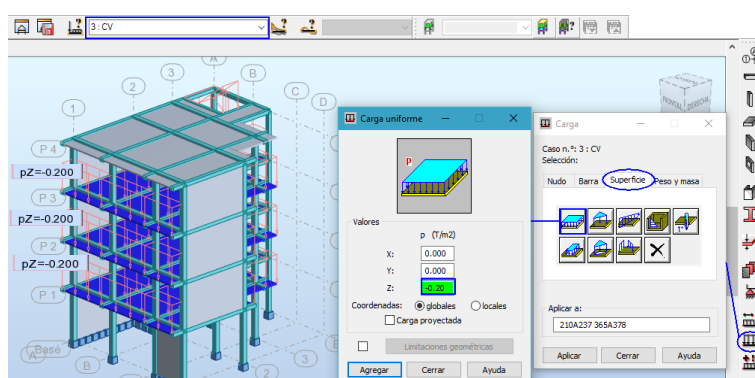
PISO	CM	CV	CVT
PISO 1	400 kg/m <sup>2</sup>	200 kg/m <sup>2</sup>	-
PISO 2	400 kg/m <sup>2</sup>	200 kg/m <sup>2</sup>	-
PISO 3	400 kg/m <sup>2</sup>	200 kg/m <sup>2</sup>	-
PISO 4	90 kg/m <sup>2</sup>	-	100 kg/m <sup>2</sup>
ESCALERA	100 kg/m <sup>2</sup>	200 kg/m <sup>2</sup>	-

Seleccionar las losas de los entrepisos y el caso de carga “CM”, luego ir al icono “Definir cargas >> Superficie >> Carga superficial uniforme” y colocar la carga con signo negativo y aplicar.



**Figura 43.** Asignar cargas muertas distribuida en losas en Robot.

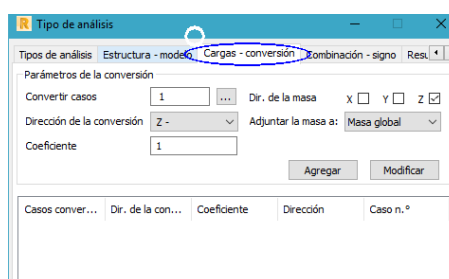
De la misma manera asignar la carga viva y cargas en el último nivel.



**Figura 44.** Asignar cargas vivas en losas en Robot.

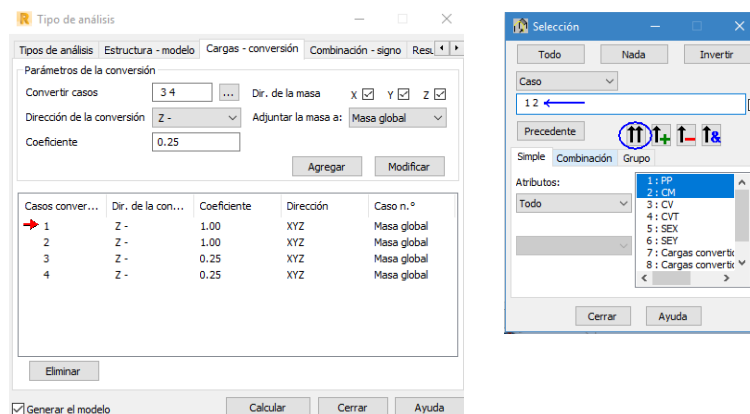
## Paso 10: Calculo del peso sísmico efectivo

El peso sísmico de acuerdo a nuestra norma E.030 para edificaciones de la categoría C, se tomará el 100% de la carga muerta, más 25% de la carga viva. Para lo cual dirigirse al menú “Análisis>>Tipo de análisis>>Cargas conversión”.



**Figura 45.** Menú de conversión de cargas a masas en Robot.

Seleccionar los casos con el botón ( PP y CM), luego pulsar el botón . Se cargará dicho caso a la lista superior. En el cuadro de coeficiente asignar 1 (es decir 100%), active las direcciones de la masa X, Y, Z y defina la dirección de la conversión en Z negativo. Pulse agregar.



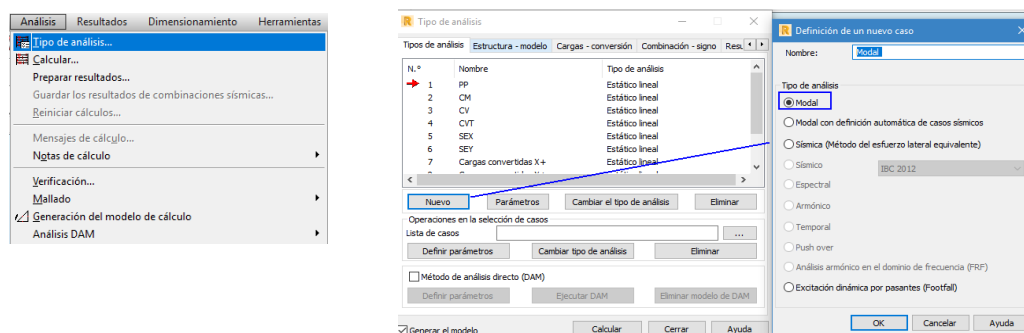
**Figura 46.** Conversión de cargas muertas y vivas a masas en Robot.

Repita el procedimiento para los casos (CV y CVT) con un coeficiente de 0.25 (25%).

## Procesamiento numérico

### Paso 11: Tipo de análisis Modal

Ir al menú “Análisis>>Tipo de análisis”, pulsar el botón nuevo aparecerá un cuadro de dialogo, seleccionar el tipo de análisis “modal”, colocar un nombre y pulsar ok.



**Figura 47.** Creación de caso modal en Robot.

Aparecerá un nuevo cuadro de dialogo “Parámetros del análisis modal”, donde el número de modos de vibración colocar 12.

Pulsar en el botón “Parámetros simplificados” aquí especificar el amortiguamiento de 0.05 y generar el caso modal del análisis.

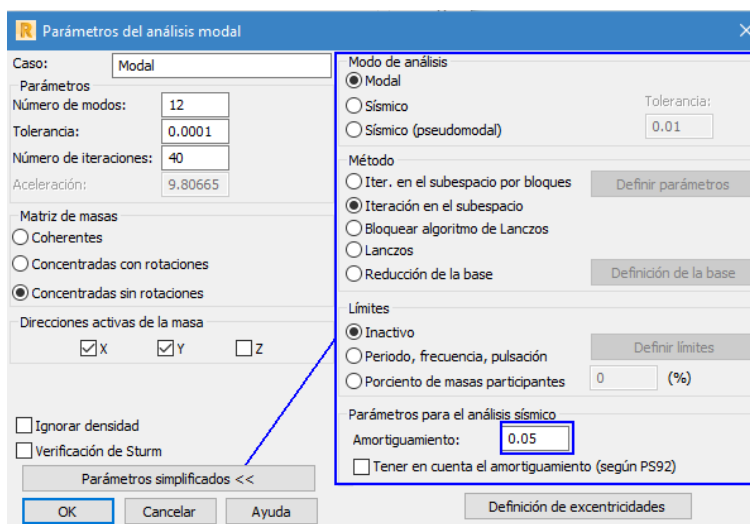


Figura 48. Parámetros de análisis modal en Robot.

## Paso 12: Tipo de análisis Espectral

La incorporación del espectro de diseño obedece estrictamente al RNE E.030, que permite graficar valores de pseudo - aceleración para un determinado periodo de vibración.

FACTOR DE ZONA "Z"	ZONA	Z
	ZONA 3	0.35

FACTOR DE SUELO "S"	TIPO	DESCRIPCION	S	Tp	Tl
	S2	Suelos Intermedios	1.15	0.60	2.00

FACTOR DE USO "U"	CATEGORIA	U	OBSERVACIONES
	"C" Edificaciones Comunes	1.00	Revisar tabla N°6 E030-2016

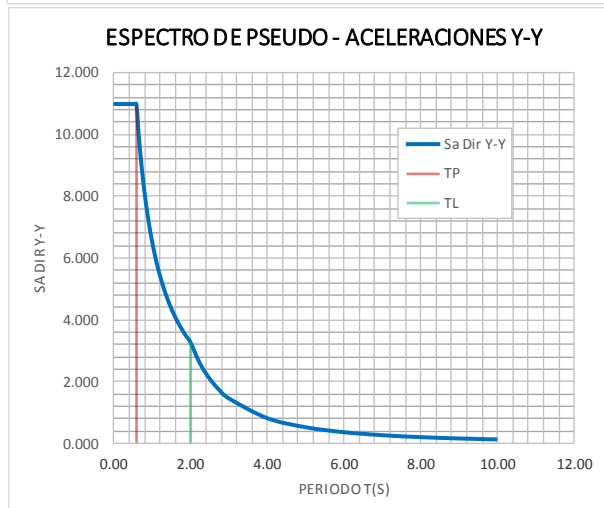
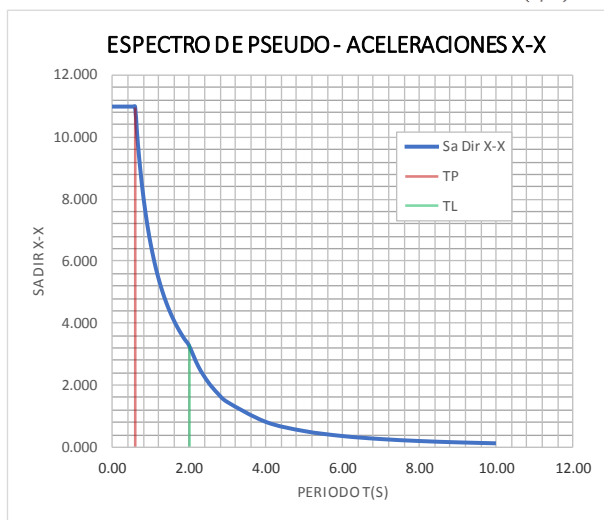
FACTOR DE SISTEMA ESTRUCTURAL "R"	DIRECCION		Ro
	DIR X-X	Albañilería Armada o Confinada	3
	DIR Y-Y	Albañilería Armada o Confinada	3

DATOS	FACTORES	DATOS	DIR X-X	DIR Y-Y
Z	0.35	R <sub>0</sub>	3	3
U	1.00	I <sub>a</sub>	0.50	0.50
S	1.15	I <sub>p</sub>	0.60	0.60
T <sub>P</sub>	0.60	R	0.9	0.9
T <sub>L</sub>	2.00	g	9.81 m/s <sup>2</sup>	

$$S_d = \frac{Z \cdot U \cdot C \cdot S}{R} \cdot g \quad R = R_0 \cdot I_a \cdot I_p \quad T < T_P \quad C = 2,5$$

$$T_P < T < T_L \quad C = 2,5 \cdot \left(\frac{T_P}{T}\right)$$

$$T > T_L \quad C = 2,5 \cdot \left(\frac{T_P \cdot T_L}{T^2}\right)$$



C	T	Sa Dir X-X	Sa Dir Y-Y
2.50	0.00	10.968	10.968
2.50	0.02	10.968	10.968
2.50	0.04	10.968	10.968
2.50	0.06	10.968	10.968
2.50	0.08	10.968	10.968
2.50	0.10	10.968	10.968
2.50	0.12	10.968	10.968
2.50	0.14	10.968	10.968
2.50	0.16	10.968	10.968
2.50	0.18	10.968	10.968
2.50	0.20	10.968	10.968
2.50	0.25	10.968	10.968
2.50	0.30	10.968	10.968
2.50	0.35	10.968	10.968
2.50	0.40	10.968	10.968
2.50	0.45	10.968	10.968
2.50	0.50	10.968	10.968
2.50	0.55	10.968	10.968
2.50	0.60	10.968	10.968
2.31	0.65	10.124	10.124
2.14	0.70	9.401	9.401
2.00	0.75	8.775	8.775
1.88	0.80	8.226	8.226
1.76	0.85	7.742	7.742
1.67	0.90	7.312	7.312
1.58	0.95	6.927	6.927
1.50	1.00	6.581	6.581
1.36	1.10	5.983	5.983
1.25	1.20	5.484	5.484
1.15	1.30	5.062	5.062
1.07	1.40	4.701	4.701
1.00	1.50	4.387	4.387
0.94	1.60	4.113	4.113
0.88	1.70	3.871	3.871
0.83	1.80	3.656	3.656
0.79	1.90	3.464	3.464
0.75	2.00	3.290	3.290
0.59	2.25	2.600	2.600
0.48	2.50	2.106	2.106
0.40	2.75	1.740	1.740
0.33	3.00	1.462	1.462
0.19	4.00	0.823	0.823
0.12	5.00	0.526	0.526
0.08	6.00	0.366	0.366
0.06	7.00	0.269	0.269
0.05	8.00	0.206	0.206
0.04	9.00	0.162	0.162
0.03	10.00	0.132	0.132

Figura 49. Cálculo manual del espectro de respuesta.

En el mismo cuadro de análisis “Tipo de análisis”, pulsar el botón “Nuevo”, aparecerá una ventana. Activar la opción “Espectral”, colocar un nombre “SXX”, pulsar ok.



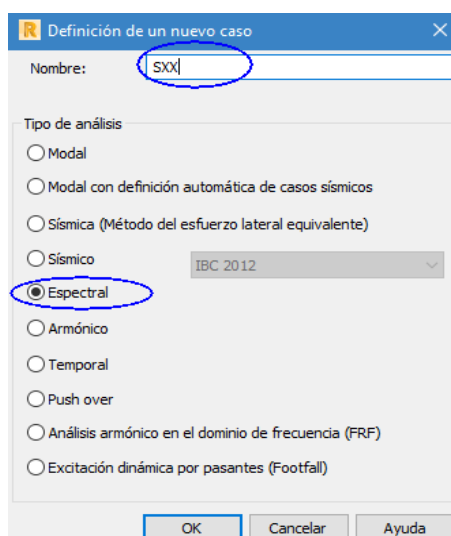


Figura 50. Definición del espectro en dirección X en Robot.

Se despliega otra ventana “Parámetros de análisis espectral”, pulsar el botón “Definición del espectro”, colocar un nombre del espectro, amortiguamiento de 0.05, seleccionar periodo y aceleración, pulsar en agregar y la ventana cambiará agregándose la pestaña de “Puntos” en donde se ingresa el espectro correspondiente y en el icono “Abrir” buscar nuestro archivo guardado y lo cargarlo.

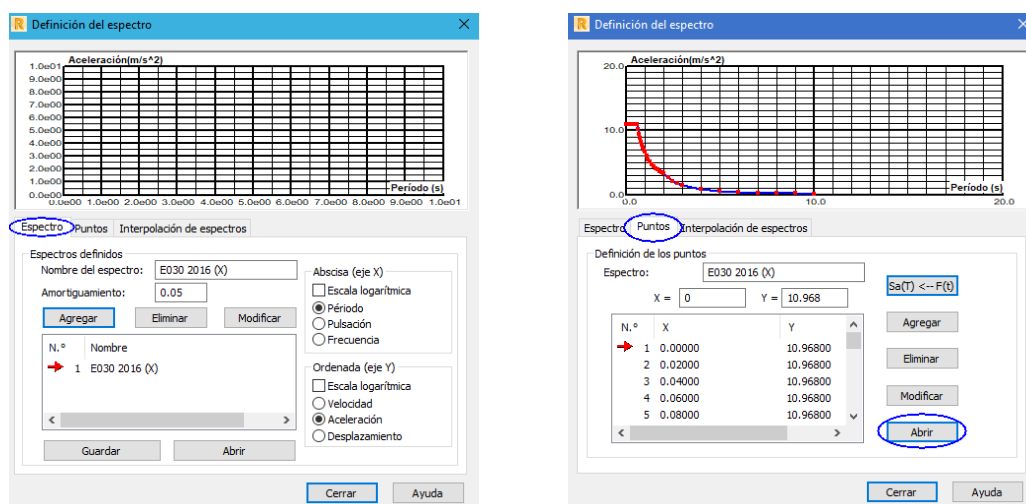
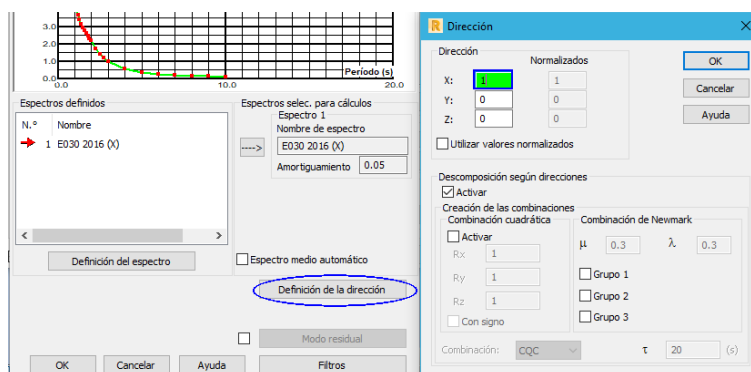


Figura 51. Espectro de diseño importado en la dirección X en Robot.

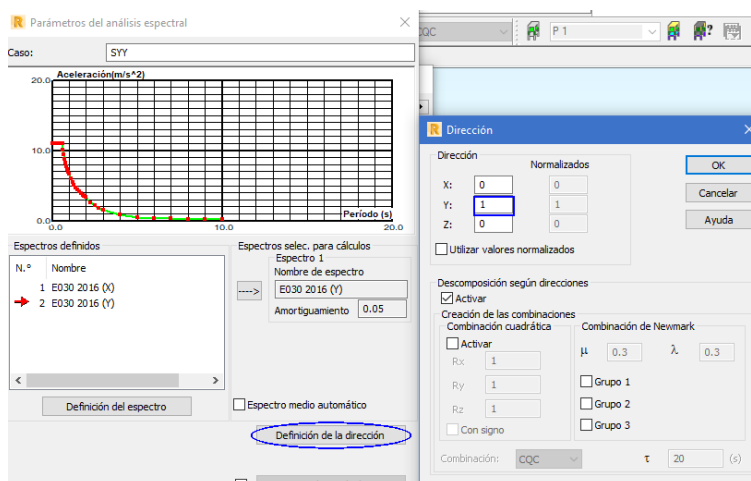
Pulsa el botón “Cerrar”, el espectro ya sido definido. Pulsar el botón “Definición de la dirección”, la norma indica que el análisis sísmico se

hará al 100% en la dirección X y Y, establecer ese valor en la dirección X y pulsar ok.



**Figura 52.** Definición de la dirección del espectro en Robot.

Realizar lo mismo para el sismo en la dirección Y, dándole la dirección correspondiente, de esta manera quedan definidos los sismos SXX y SYY.



**Figura 53.** Definición del espectro en la dirección Y en Robot.

### Paso 13: Combinaciones de carga

En el menú “Cargas>Combinaciones manuales”, despliega una ventana donde se selecciona tipo de combinación, asignar un nombre, y pulsar OK para crear la combinación.

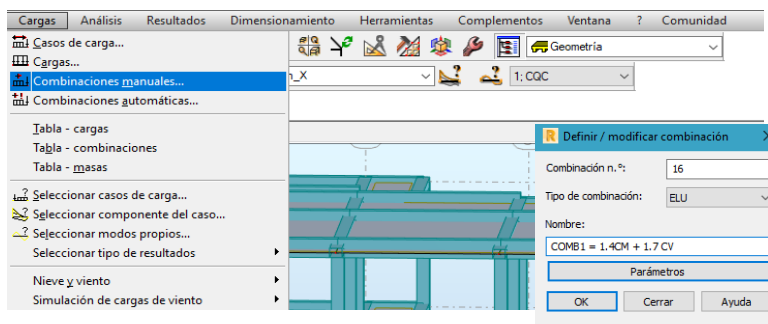


Figura 54. Creación de combinaciones manuales en Robot.

Despliega otra ventana seleccionar “definir coeficientes” ahí modificar los coeficientes, luego seleccionar todos los casos de carga necesarios en la combinación y lo pasamos con la flecha hacia la derecha y aplicar. De igual manera se ara para todas las combinaciones creadas.

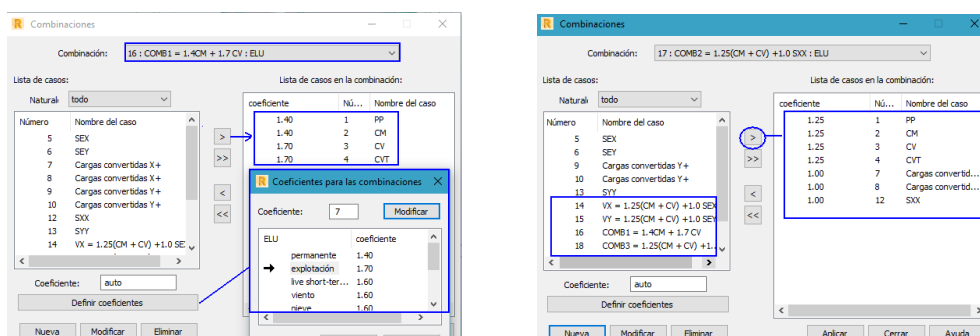


Figura 55. Combinaciones de cargas ingresadas en Robot.

## Paso 14: Creación de mallado

Ir a menú “Malla EF” y se despliega otra ventana donde se selecciona la barra “Opciones de la malla”.

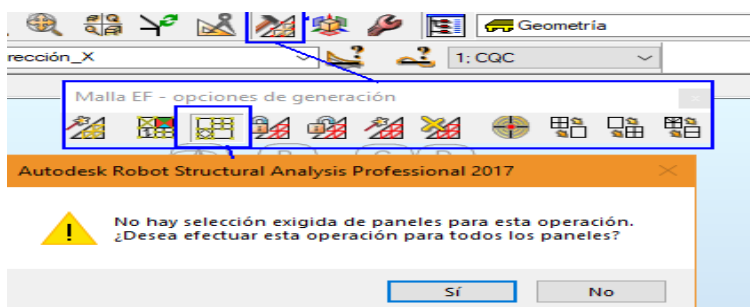


Figura 56. Icono de opciones de mallado en Robot.

Donde saldrá una advertencia, se acepta y se despliega una pantalla de “Opciones de mallado”

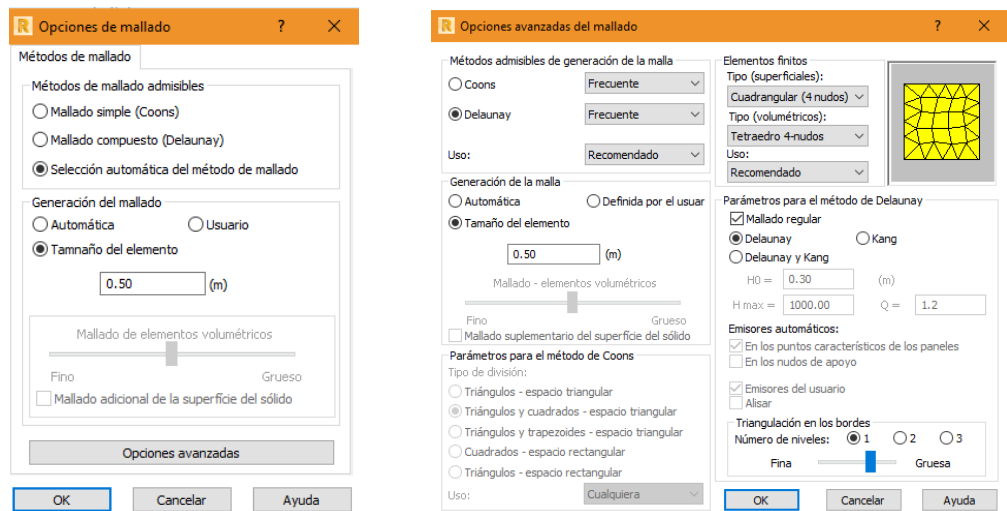


Figura 57. Mallado automático de la estructura en Robot.

Generar el modelo de calculo

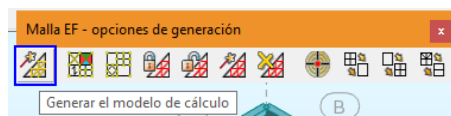


Figura 58. Generación del mallado en Robot.

## Paso 15: Verificación de errores del modelo

Se procede buscar posibles errores, ir al menú siguiente.

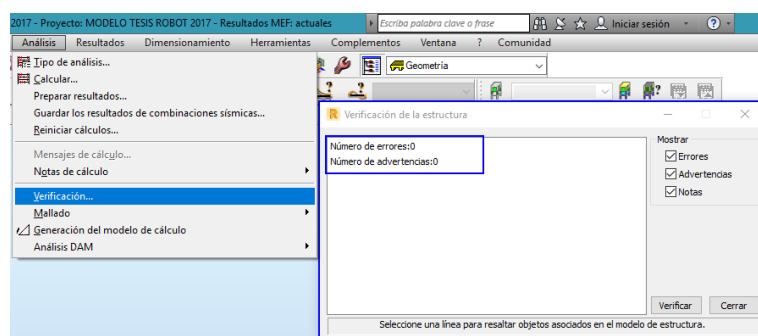




Figura 59. Verificación de la estructura en Robot.

Se procede a realizar el análisis estructural presionando el botón “calcular”  que se encuentra en la barra de herramientas. Se verifica con la barra de estado con esta simbología

 Resultados MEF: actuales, el punto verde representa que los cálculos por el método de elementos finitos (MEF) está actualizada.

## Post Procesamiento

### Paso 16: Análisis sísmico estático

#### Periodo fundamental T

$$T = \frac{hn}{CT} = \frac{11.10}{60} = 0.185 \text{ s}$$

Donde:

hn: Altura total del edificio

CT = 60 (Edificios de albañilería)

#### Factor de amplificación sísmica C

Los valores para el perfil del suelo S2 son:

$$TP = 0.60 \quad \text{y} \quad TL = 2.00$$

Entonces:

$$T(x) = T(y) = 0.185 \text{ s} < TP = 0.6$$

$$Cx = Cy = 2.5$$

Evaluando el valor de  $C/R \geq 0.125$

$$\frac{C}{R} = \frac{2.5}{3} = 0.833 \text{ OK}$$

#### Factor exponencial de distribución k

Dependiendo del periodo fundamental T de la estructura el factor k

es igual a:  $k = 1; T \leq 0.5 \text{ s}$

Para ambas direcciones de análisis, el periodo fundamental T es igual menor que 0.5 s por lo tanto:

$$kx = ky = 1.0$$

## Peso sísmico de la edificación

Los valores del peso sísmico de la estructura se calcularon por el programa Robot Structural, donde se obtuvo:

**Tabla 33.** Peso sísmico total de la edificación.

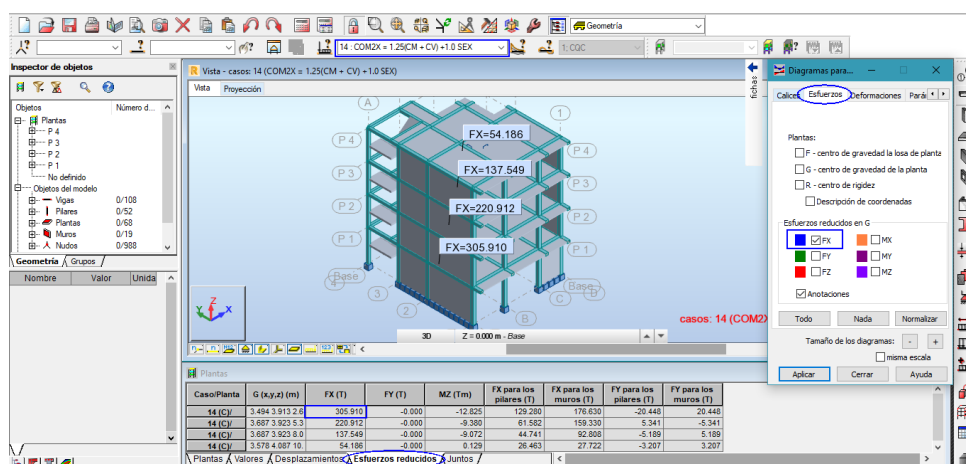
PISO	P (Ton)
P4	48.467
P3	74.564
P2	74.564
P1	76.028
	273.623

## Calculo del cortante estático en la base

**Tabla 34.** Verificación de la Cortante estático en la base en Robot.

DIRECCION X		DIRECCION Y	
Z	0.35	Z	0.35
U	1	U	1
S	1.15	S	1.15
C	2.50	C	2.50
Rx	0.9	Ry	0.9
C/R $\geq$ 0.125	2.7778	C/R $\geq$ 0.125	2.7778
ZUCS/R	1.118	ZUCS/R	1.118
VX=	<b>305.911</b>	VY=	<b>305.911</b>

Para visualizar ir a menú “Resultados>>Diagrama para edificios”, seleccionar las combinaciones “14: COMB2X” y “15: XOMB2Y”, en la ventana “Esfuerzos” elegir la dirección FX y FY, pulsar aplicar.



**Figura 60.** Cortante estático en la base en la dirección X en Robot.

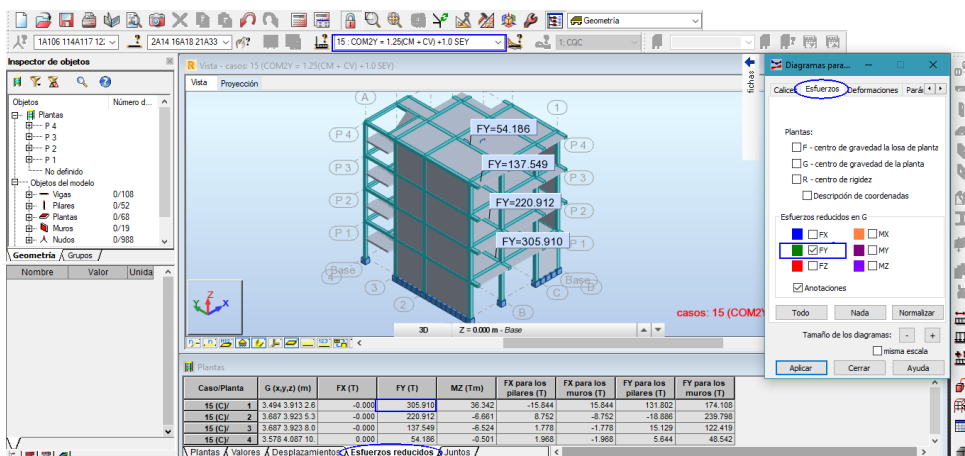


Figura 61. Cortante estático en la base en la dirección Y en Robot.

### Distribución de Fuerza sísmica en altura

Tabla 35. Distribución de fuerzas sísmicas estática en altura en Robot.

Piso	Pi ton	h m	hi m	hi^k	Pj*hj^k	ai	Fi Ton-f
P4	48.467	2.7	11.1	11.1	537.984	0.2960	90.554
P3	74.564	2.7	8.4	8.4	626.338	0.3446	105.426
P2	74.564	2.7	5.7	5.7	425.015	0.2339	71.539
P1	76.028	3	3	3	228.084	0.1255	38.391
					1817.420		305.910

### Desplazamiento laterales

Para visualizar los desplazamientos máximos ir a la ventana "Diagramas para edificios>>Deformaciones" elegir Max UX para el caso de sismo en X (COMB2X) y Max UY para el sismo en Y (COMB2Y).

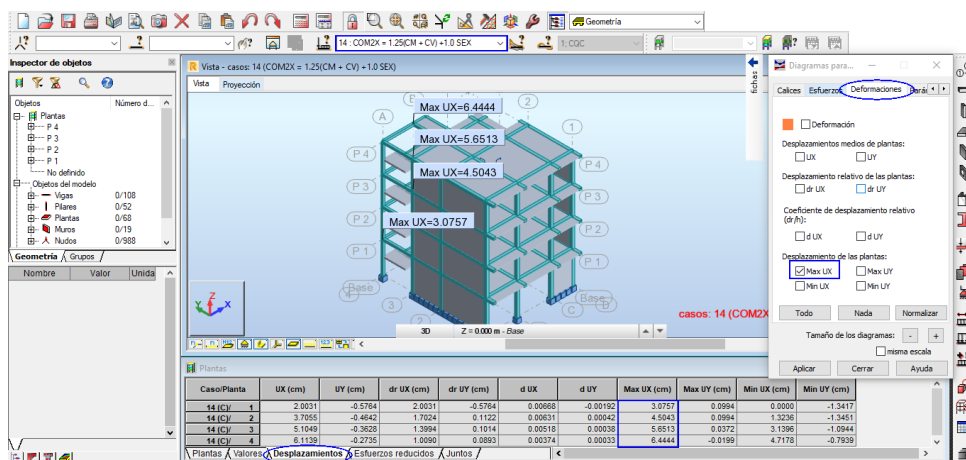


Figura 62. Desplazamiento máximo por sismo estático X en Robot.

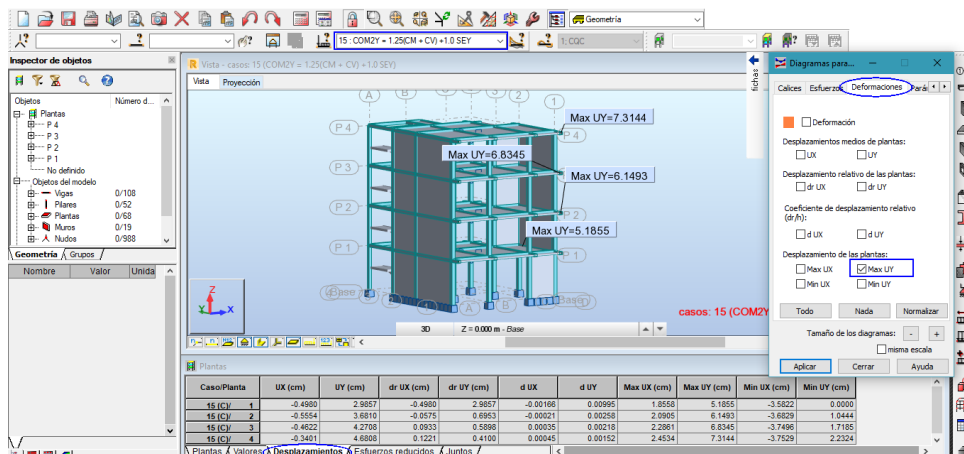


Figura 63. Desplazamiento máximo por sismo estático Y en Robot.

Para visualizar los desplazamientos laterales o derivas en la misma ventana elegir “d UX” para el caso de sismo en X (COMB2X) y “d UY” para el sismo en Y (COMB2Y).

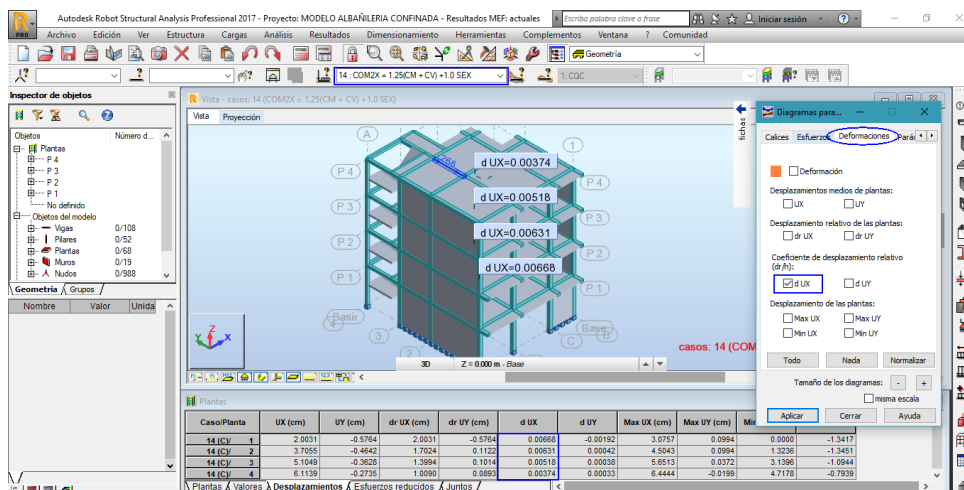


Figura 64. Desplazamiento lateral por sismo estático X en Robot.

Según la norma para cada dirección de análisis, los desplazamientos calculados deben ser multiplicados por R para estructuras irregulares.

Tabla 36. Control de deriva por sismo estático X en Robot.

Piso	Carga	Deriva d UX (Δ)	Di R*Δ	Maximo ≤ 0.005
P4	SEX	0.0037	0.003	OK
P3	SEX	0.0052	0.005	OK
P2	SEX	0.0063	0.006	FALLA
P1	SEX	0.0067	0.006	FALLA



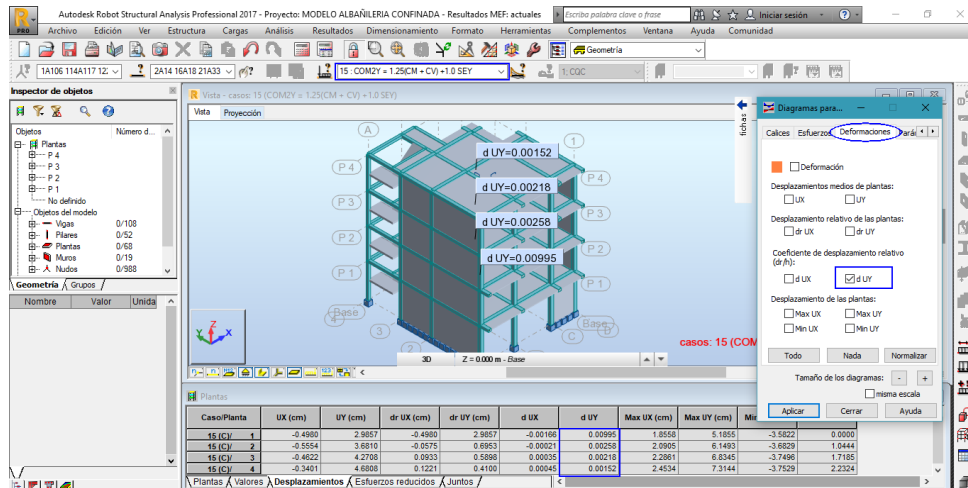


Figura 65. Desplazamiento lateral por sismo estático Y en Robot.

Tabla 37. Control de deriva por sismo estático Y en Robot.

Piso	Carga	Deriva d UY ( $\Delta$ )	Di R* $\Delta$	Maximo $\leq 0.005$
P4	SEY	0.0013	0.001	OK
P3	SEY	0.0018	0.002	OK
P2	SEY	0.0020	0.002	OK
P1	SEY	0.0088	0.008	FALLA

### Paso 17: Análisis sísmico dinámico

#### Calculo del cortante dinámico en la base

Para visualizar la cortante dinámica en la base los pasos son similares que, para la cortante estática, seleccionar el caso SXX (para la cortante en X), el caso SY (Para la cortante en Y).

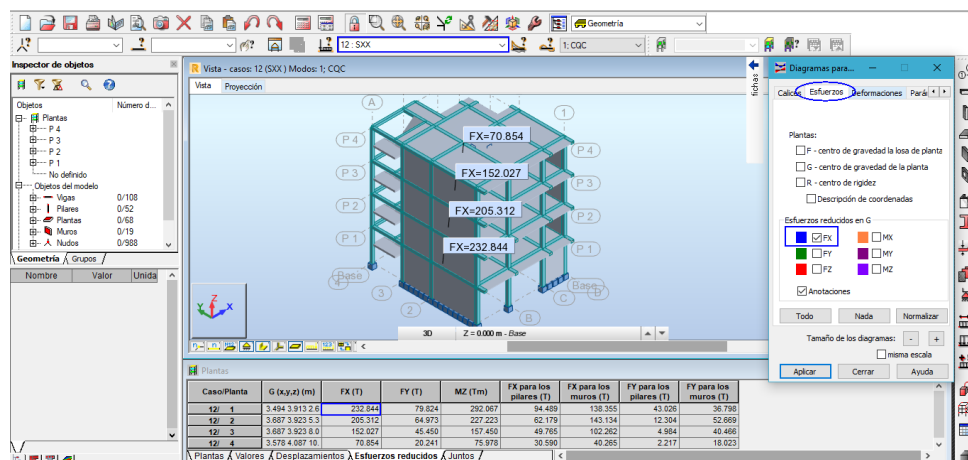


Figura 66. Cortante dinámico en la base en dirección X en Robot.

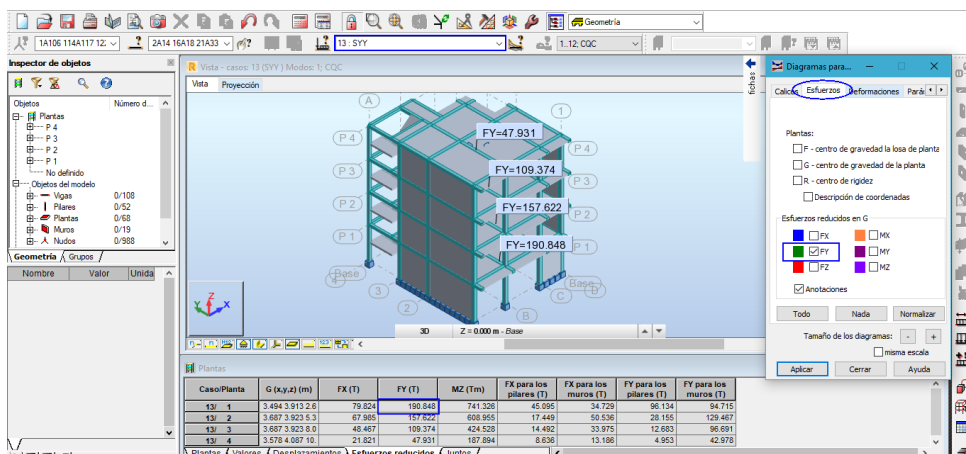


Figura 67. Cortante dinámico en la base en dirección Y en Robot.

### Periodo fundamental de vibración y masa participativa

Seguir la secuencia: click derecho y elegir “Tablas >>Modos propios”; desplegándose el siguiente menú. En el caso de carga a analizar debe estar en modal.

Caso/Modo	Frecuencia (Hz)	Periodo (sec)	. UX (%)	. UY (%)	. UZ (%)	Masas corr. UX (%)	Masas corr. UY (%)	Masas corr. UZ (%)	Total masas UX (kg)	Total masas UY (kg)	Total masas UZ (kg)
11/ 1	2.15535	0.46396	11.26628	47.20499	0.0000	11.26628	47.20499	0.0000	271354.79	271354.79	0.0000
11/ 2	2.51504	0.39761	82.73836	53.30530	0.0000	71.47208	6.10031	0.0000	271354.79	271354.79	0.0000
11/ 3	4.19840	0.23819	82.78350	90.66376	0.0000	0.04514	37.35846	0.0000	271354.79	271354.79	0.0000
11/ 4	7.01397	0.14257	84.31715	90.95050	0.0000	1.53365	0.28675	0.0000	271354.79	271354.79	0.0000
11/ 5	7.55647	0.13234	94.20905	91.39624	0.0000	9.89189	0.44573	0.0000	271354.79	271354.79	0.0000
11/ 6	8.20416	0.12189	96.65939	92.35264	0.0000	2.45034	0.95641	0.0000	271354.79	271354.79	0.0000
11/ 7	12.60051	0.07936	96.72681	97.29099	0.0000	0.06742	4.93835	0.0000	271354.79	271354.79	0.0000
11/ 8	13.46125	0.07429	96.13798	97.58062	0.0000	1.41117	0.28963	0.0000	271354.79	271354.79	0.0000
11/ 9	13.85138	0.07219	96.54721	97.64878	0.0000	0.40923	0.06816	0.0000	271354.79	271354.79	0.0000
11/ 10	16.03141	0.06238	98.72143	97.64884	0.0000	0.17423	0.00006	0.0000	271354.79	271354.79	0.0000
11/ 11	16.65566	0.06004	98.77889	97.64923	0.0000	0.05746	0.00039	0.0000	271354.79	271354.79	0.0000
11/ 12	17.02990	0.05872	98.78023	97.65066	0.0000	0.00134	0.00143	0.0000	271354.79	271354.79	0.0000

Figura 68. Periodos, frecuencias y masas participativas en Robot.

### Centros de masas y Rigidez

Dar click derecho sobre la pantalla y elegir “Tablas>Plantas”, y se despliega la siguiente tabla y seleccionar el caso de carga modal.

Caso/Planta	Nombre	Masa (kg)	G (x,y,z) (m)	R (x,y,z) (m)	Ix (kgm2)	Iy (kgm2)	Iz (kgm2)	ex0 (m)	ey0 (m)	ex2 (m)	ey2 (m)
11/ 1	P 1	73374.69	3.494 3.913 2.6	0.037 3.192 2.0	674155.71	589631.65	1157612.68	3.457	0.721	0.0000	0.0000
11/ 2	P 2	74564.36	3.687 3.923 5.3	3.618 4.245 4.7	647866.76	608362.22	1181298.31	0.069	0.322	0.0000	0.0000
11/ 3	P 3	74564.36	3.687 3.923 8.0	3.618 4.245 7.4	647822.19	608317.58	1181298.38	0.069	0.322	0.0000	0.0000
11/ 4	P 4	51119.38	3.578 4.087 10.	3.618 4.245 10.	475639.16	431618.14	840915.28	0.039	0.158	0.0000	0.0000

Figura 69. Centros de masas y rigideces en Robot.

## Desplazamientos laterales

De la misma manera que el análisis estático para el caso de sismo en X (SXX) y el sismo en Y (SYY).

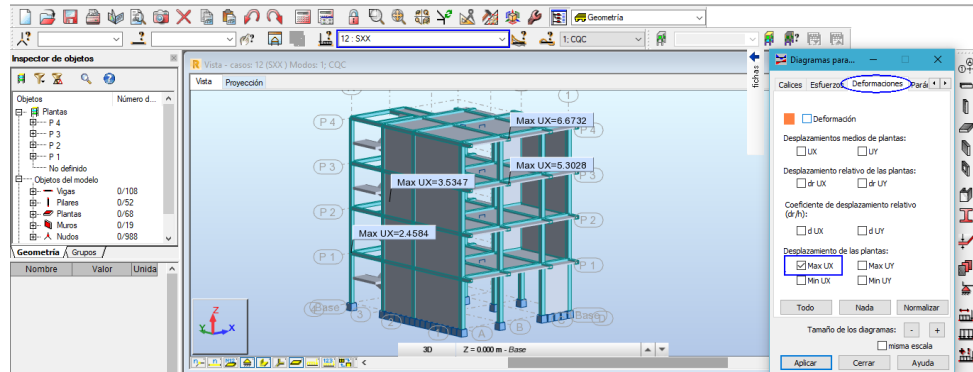


Figura 70. Desplazamiento máximo por sismo dinámico X en Robot.

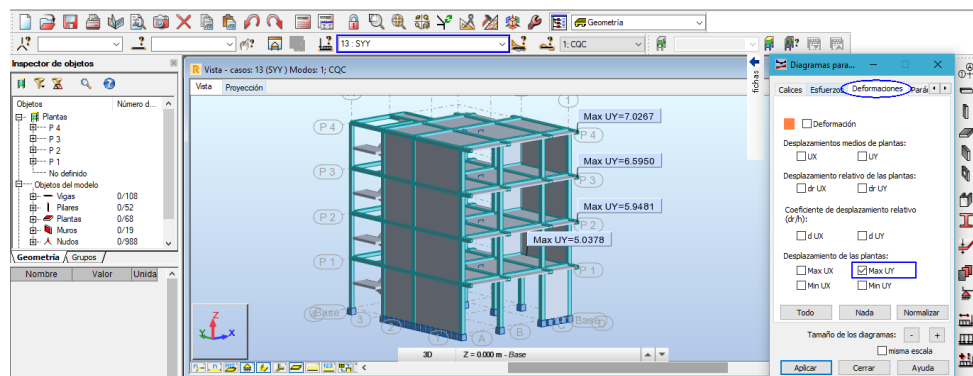


Figura 71. Desplazamiento máximo por sismo dinámico Y en Robot.

Los desplazamientos laterales para el caso de sismo en X (SXX) y sismo en Y (SYY).

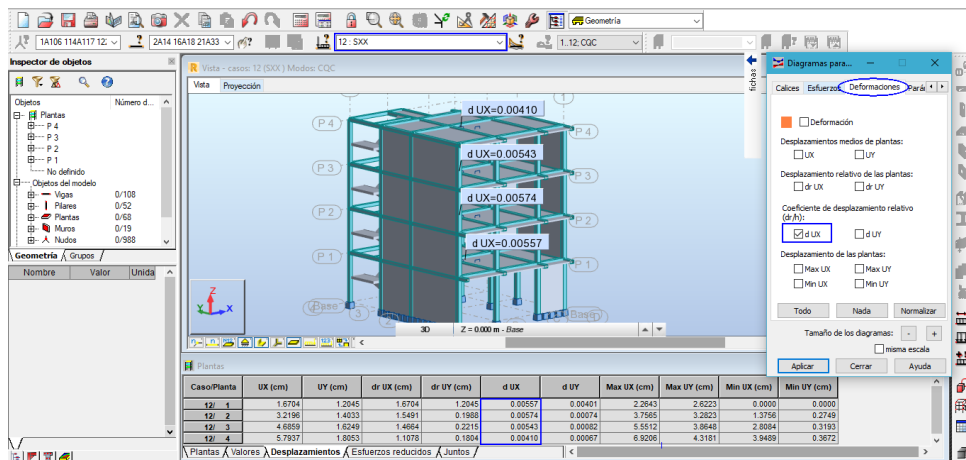
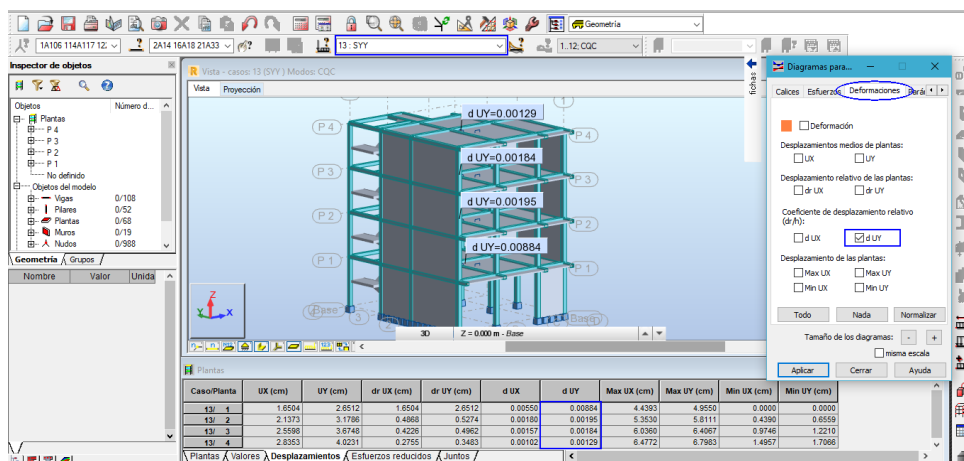


Figura 72. Desplazamiento lateral por sismo dinámico X en Robot.

**Tabla 38.** Control de deriva por sismo dinámico X en Robot.

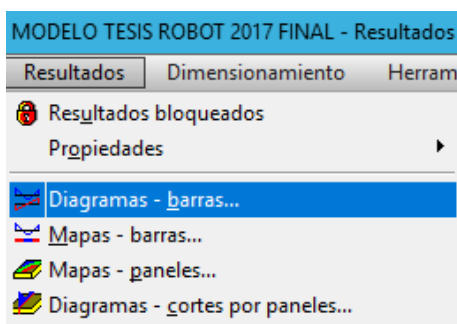
Piso	Carga	Deriva d UX ( $\Delta$ )	Di $R^* \Delta$	Maximo $\leq 0.005$
P4	SXX	0.0041	0.004	OK
P3	SXX	0.0054	0.005	FALLA
P2	SXX	0.0057	0.005	FALLA
P1	SXX	0.0056	0.005	FALLA

**Figura 73.** Desplazamiento lateral por sismo dinámico Y en Robot.**Tabla 39.** Control de deriva por sismo dinámico Y en Robot.

Piso	Carga	Deriva d UY ( $\Delta$ )	Di $R^* \Delta$	Maximo $\leq 0.005$
P4	SY Y	0.0013	0.001	OK
P3	SY Y	0.0018	0.002	OK
P2	SY Y	0.0020	0.002	OK
P1	SY Y	0.0088	0.008	FALLA

### Paso 18: Fuerzas internas por los estados de cargas

Para ver los resultados ir a menú “Resultados > Diagramas-barras” y nos despliega opciones que nos presenta la ventana “Diagramas”

**Figura 74.** Ventana principal para visualizar diagramas en Robot.

## Reacciones en los apoyos:

En la ventana “Diagramas” seleccione la ficha “Reacciones”, configurar la visualización de las reacciones en “Z”, también activando las anotaciones. Finalmente presionar “Aplicar”.

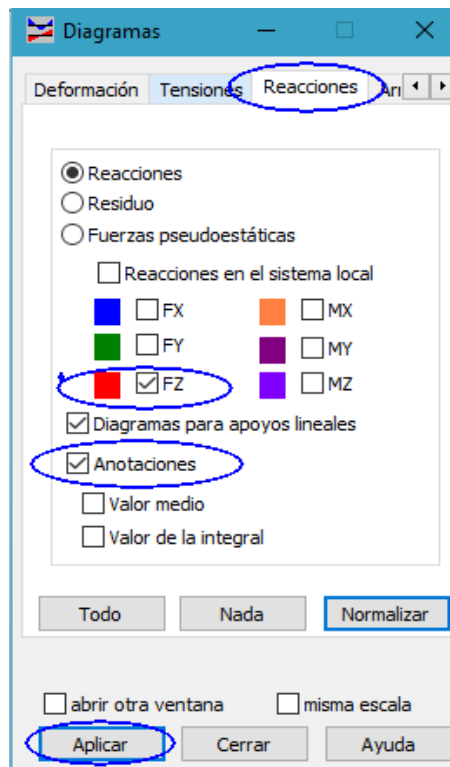


Figura 75. Menú Reacciones en los apoyos en Robot.

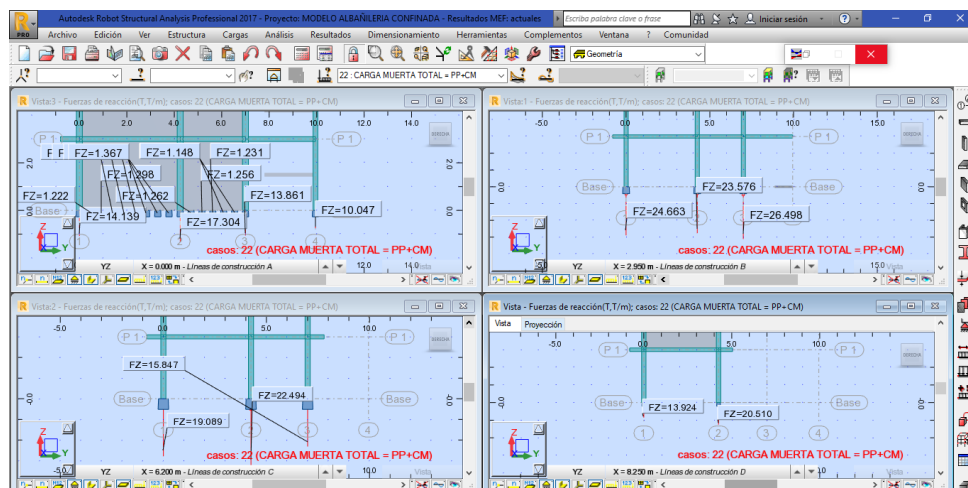


Figura 76. Reacciones debido a carga muerta total en Robot.

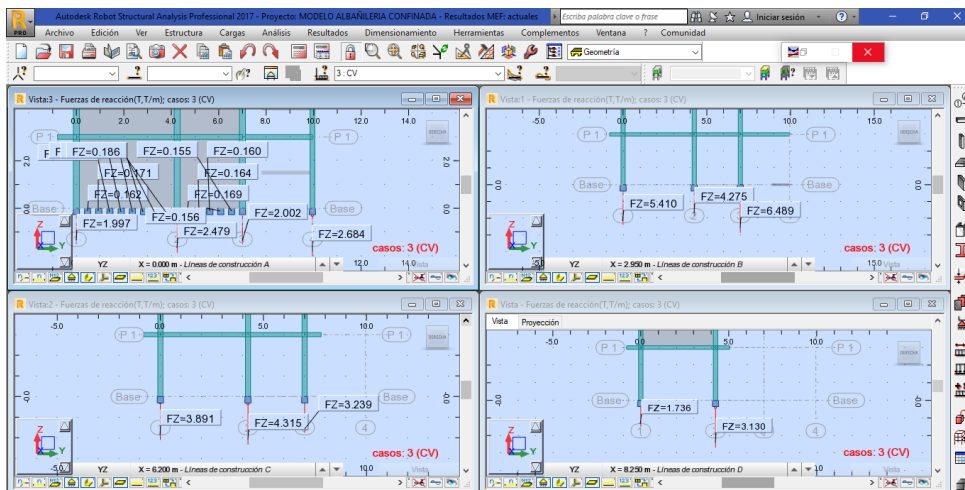


Figura 77. Reacciones debido a carga viva en Robot.

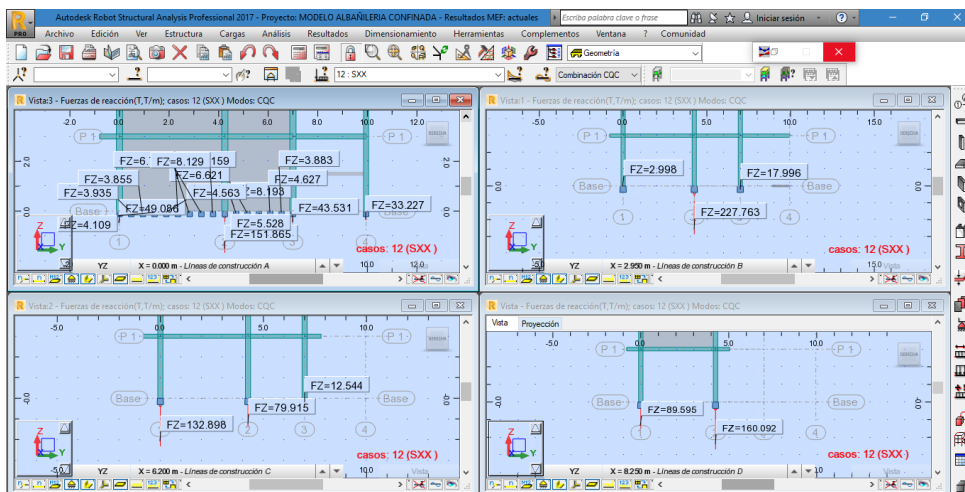


Figura 78. Reacciones debido a sismo en X en Robot.

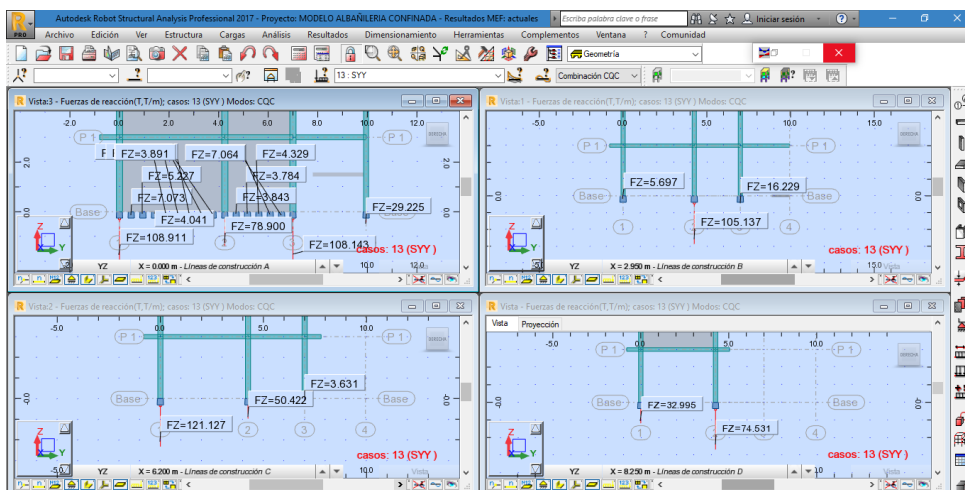


Figura 79. Reacciones debido a sismo en Y en Robot.

## Paso 19: Diseño de elementos estructurales

### Diseño de viga

Seleccionar la viga del pórtico 2-2(VP 25 x 30), del Piso 1 que es el más crítico e ir al menú “Refuerzo proporcionado de elementos RC”

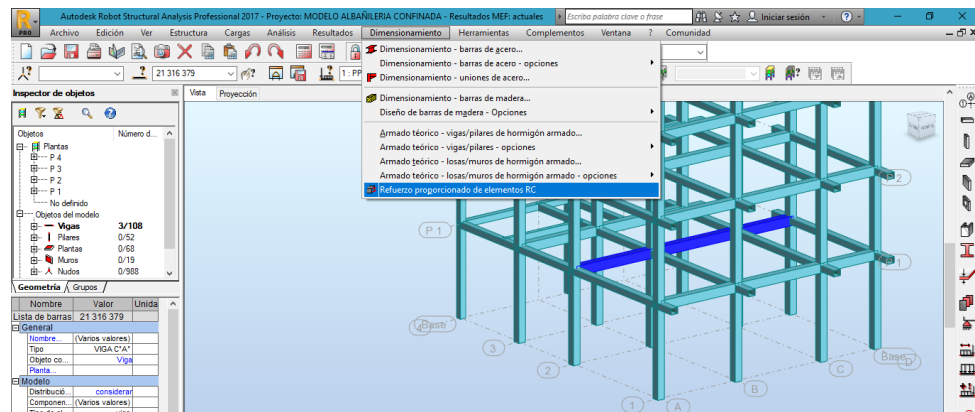


Figura 80. Selección de la viga a diseñar en Robot.

Seleccionar la combinación de carga que se utilizara para el diseño en nuestro caso seleccionar combinaciones manuales y escoger las combinaciones creadas y le dar OK.

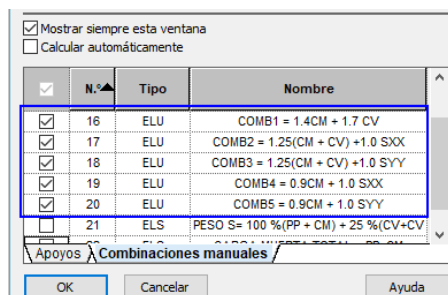


Figura 81. Selección de las combinaciones manuales en Robot.

Presionar ok y despliega la siguiente pantalla.

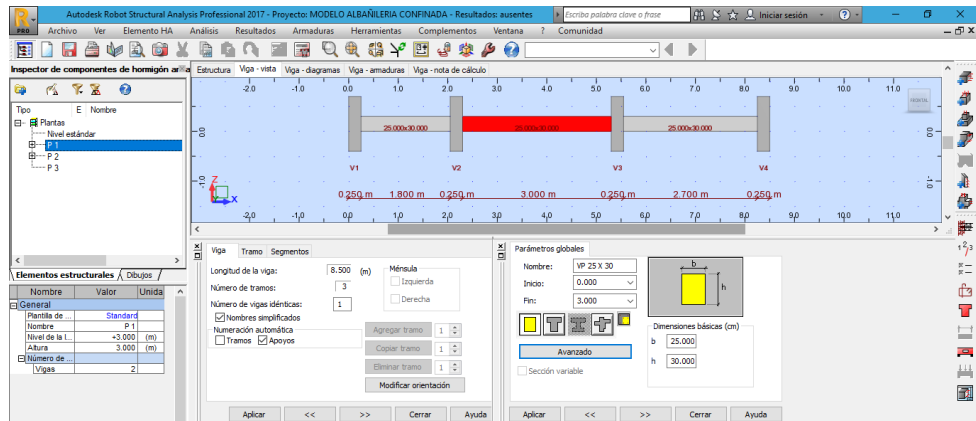


Figura 82. Sub menú de la vista tridimensional viga a diseñar en Robot.

Ir al menú de manejo de aceros que se encuentra en la parte derecha.

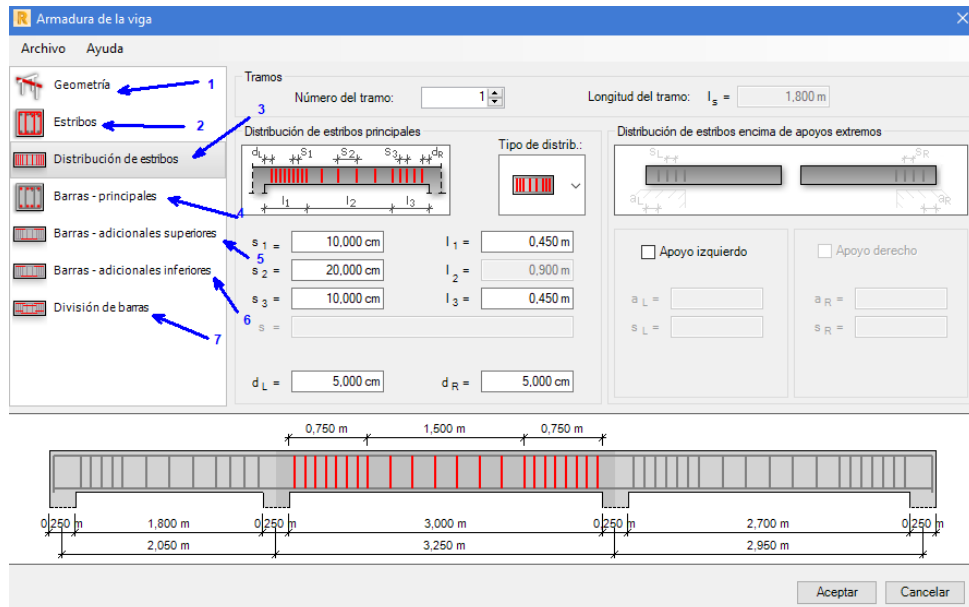


Figura 83. Menú de armado de aceros para vigas en Robot.

1: Geometría de las vigas, donde indica la sección que están siendo calculadas.

2: Aquí se selecciona el tipo de estribo, el diámetro, recubrimiento y material de los estribos.

3: Se modifica la distribución de los estribos, es decir espaciamiento en cada uno de los tramos.



4: En este icono se modifica la distribución de los aceros longitudinales.

5: Si es necesario se agrega los aceros adicionales superiores.

6: Si es necesario se agrega los aceros adicionales inferiores.

7: Se controla la división de barras y traslapes.

Después de darle las características de los armados damos "Aceptar" donde automáticamente calculara los aceros. Y se puede visualizar los resultados en diagrama y memoria de cálculo que se puede guardar o imprimir.

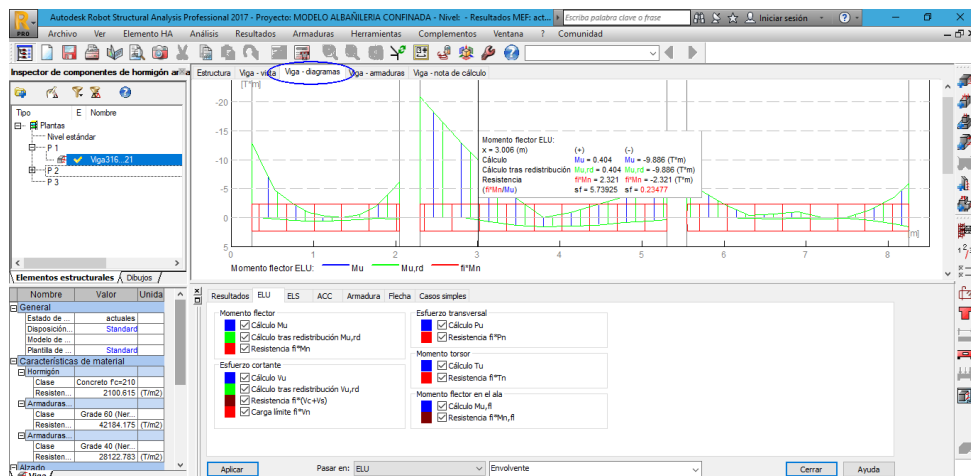


Figura 84. Diagrama de momento flector de la viga en Robot.

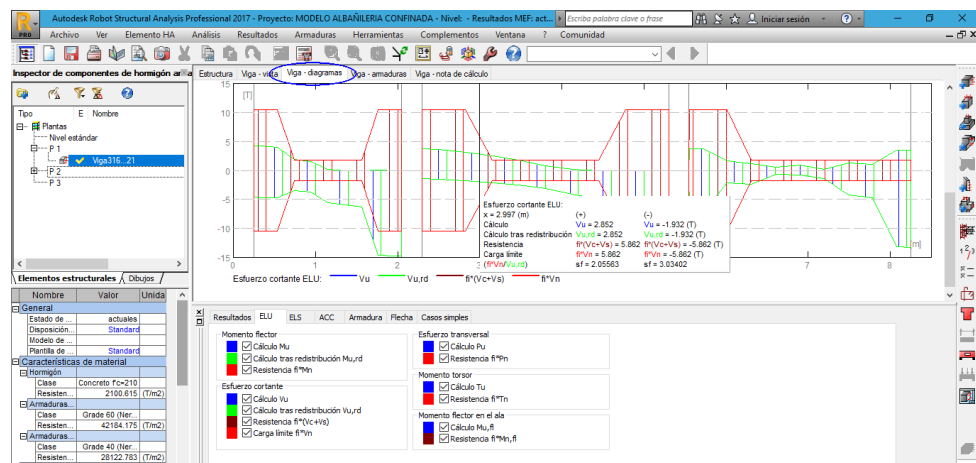


Figura 85. Diagrama de esfuerzo cortante de la viga en Robot.

Cabe mencionar que el check verde quiere decir que el diseño es correcto y el check amarillo falla la viga, que nuestro caso no cumple la viga. Y sale la ventana de llamado con los errores de cálculo.

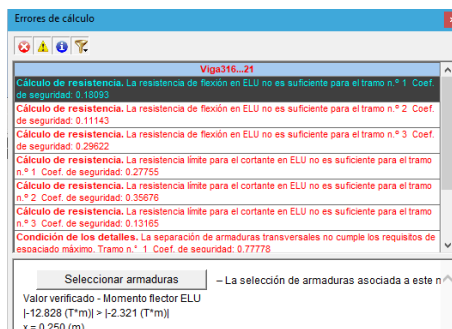


Figura 86. Ventana de errores de cálculo de la viga en Robot.

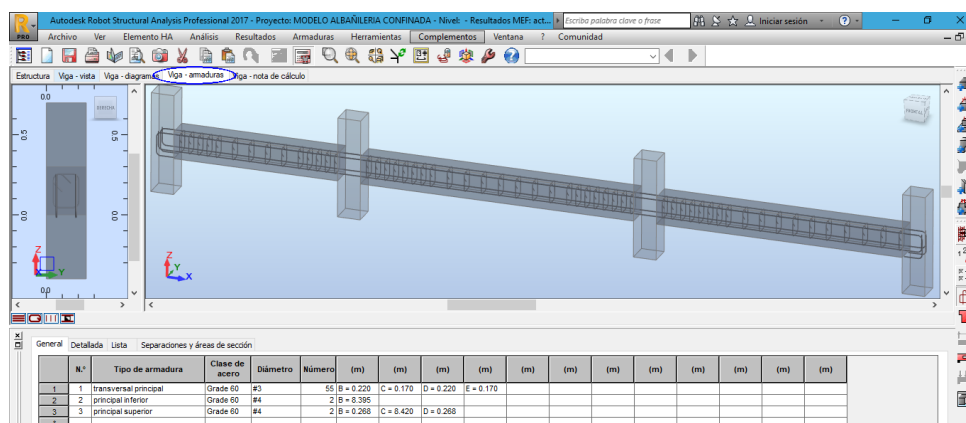


Figura 87. Vista tridimensional del armado de viga en Robot.

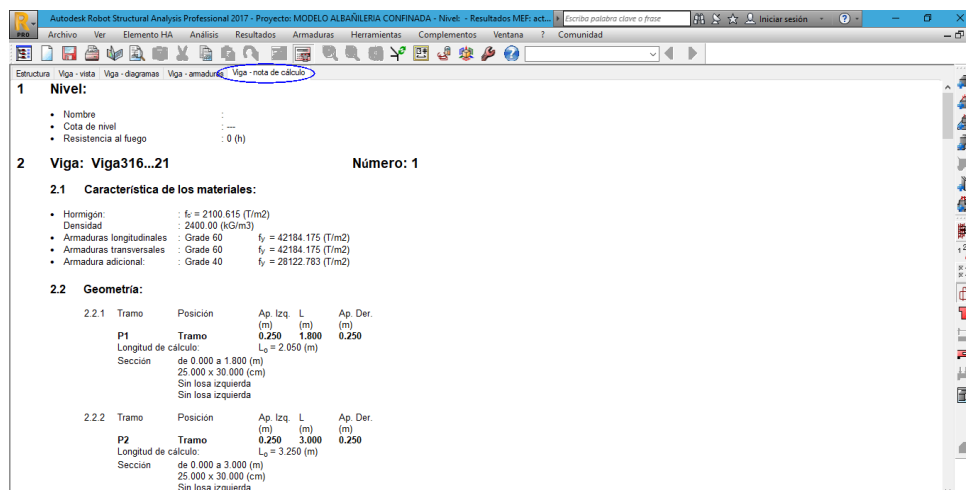
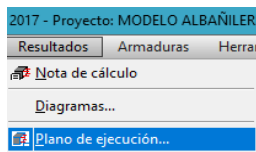


Figura 88. Memoria de cálculo de la viga diseñada en Robot.

Y finalmente la producción del plano detallado de la viga presionando el menú “Resultados>>Plano de ejecución”.



Y se despliega el plano de ejecución por defecto:

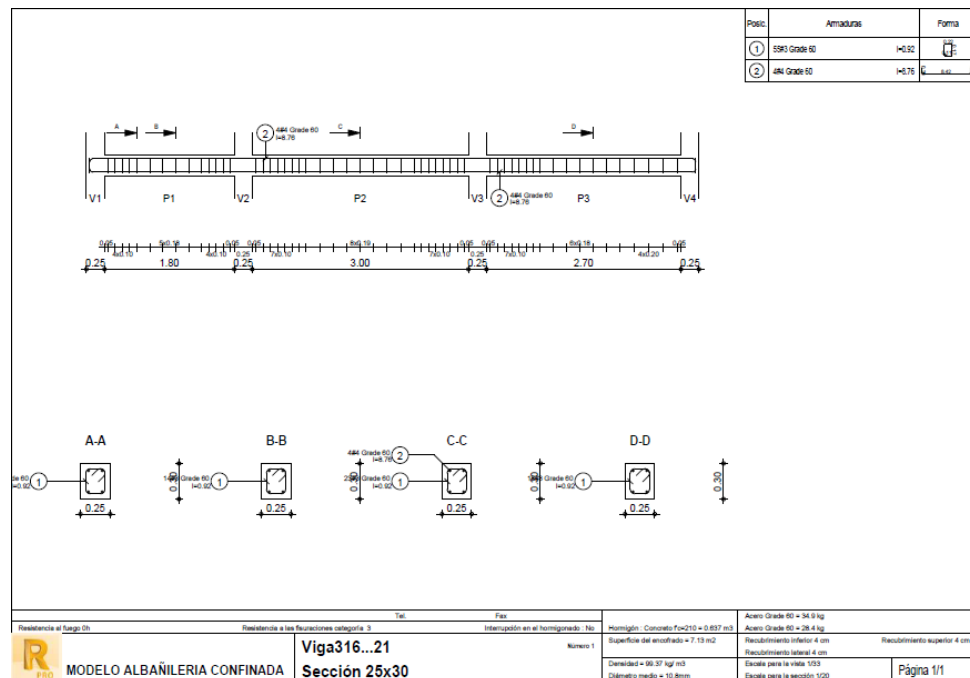


Figura 89. Plano de ejecución por defecto de la viga en Robot.

## Diseño de columna

Seleccionar la columna del pórtico 2-2, del Piso 2 e ir de la misma manera al menú “Reforzo proporcionado de elementos RC”

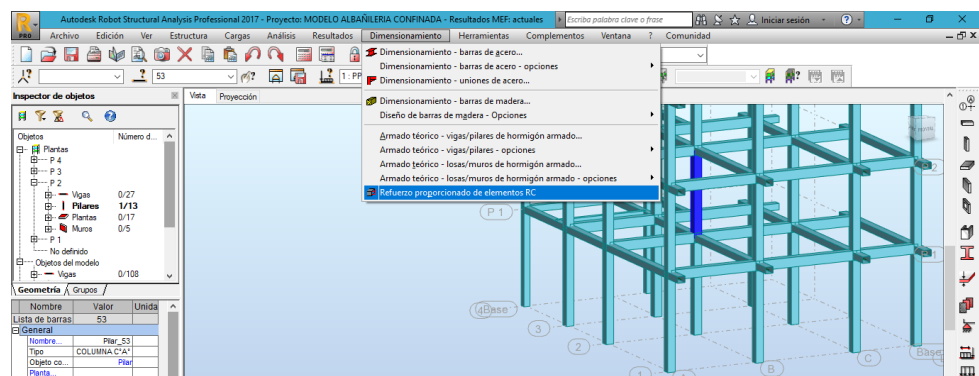


Figura 90. Selección de la columna a diseñar en Robot.

Seleccionar las combinaciones manuales con las que se diseñará.

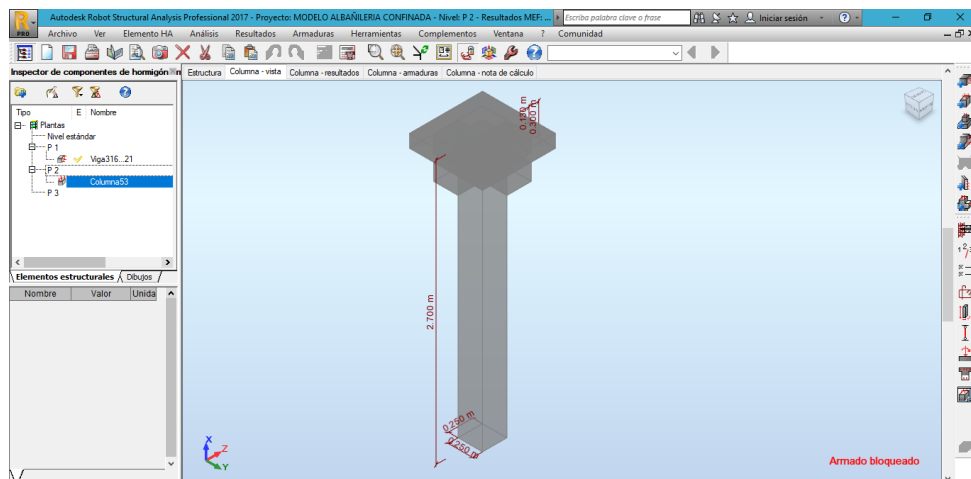


Figura 91. Vista tridimensional de columna a diseñar en Robot.

Ir al menú de “Armaduras típicas” que se encuentra en la parte derecha para definir los parámetros de los aceros.

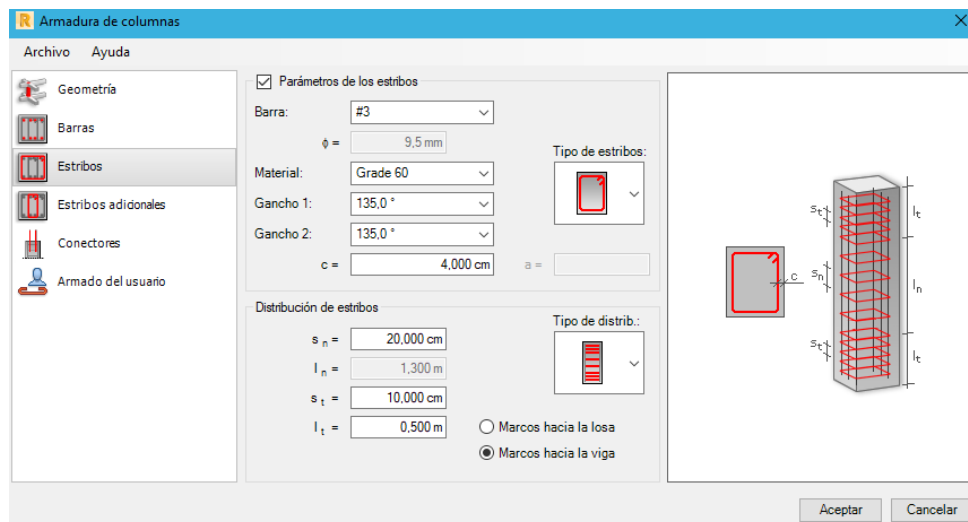


Figura 92. Menú de armado de acero para columna en Robot.

“Aceptar” donde calculara los aceros. Y visualizar los resultados en diagrama y memoria de cálculo de la misma manera que la viga.

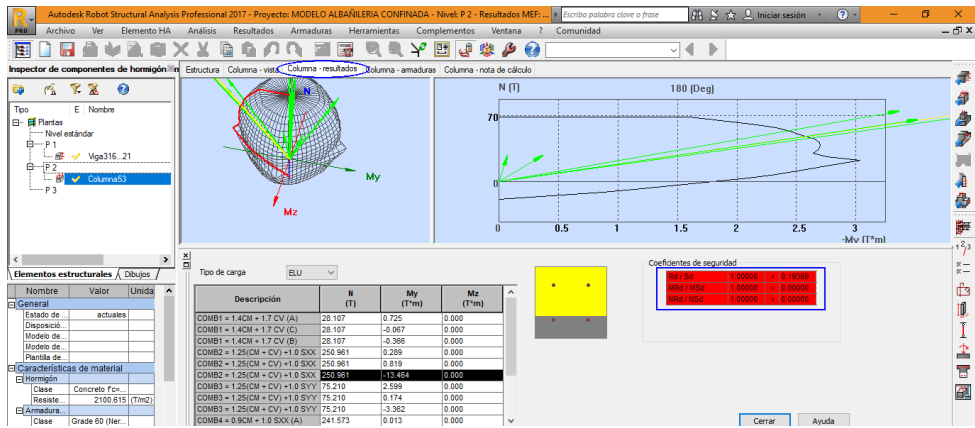


Figura 93. Diagrama de interacción y coeficiente de seguridad de columna en Robot.

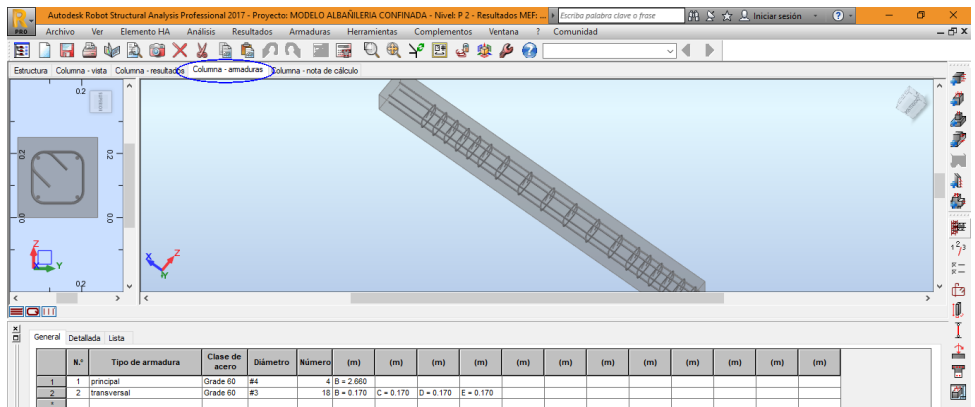


Figura 94. Vista tridimensional del armado de la columna en Robot.

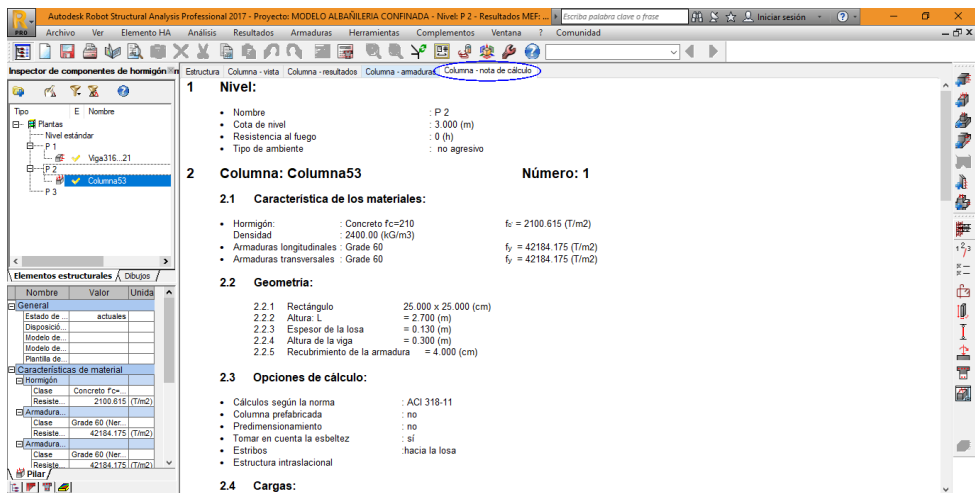


Figura 95. Memoria de cálculo de la columna diseñada en Robot.

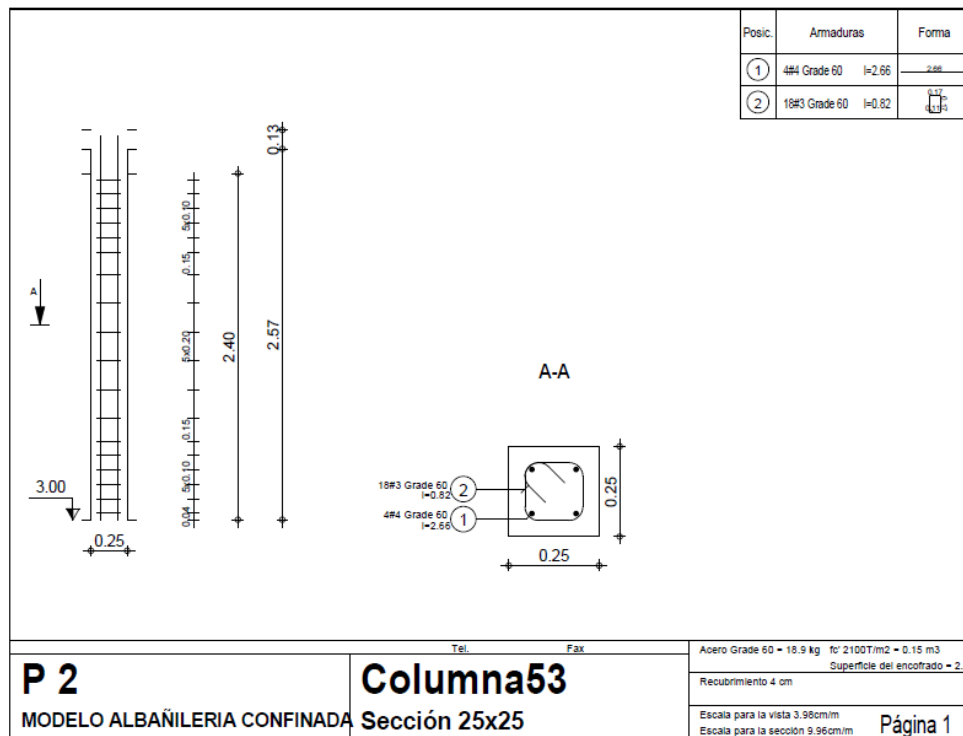


Figura 96. Plano de ejecución por defecto de la columna en Robot.

## B. Guía del software Etabs V16.2.0

### Pre Procesamiento

#### Paso 1: Generalidades del software

Al abrir el software e iniciar el proyecto y se presenta la siguiente ventana:

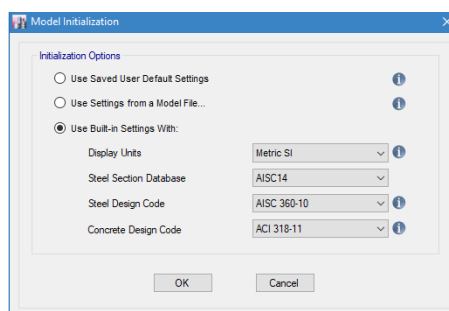


Figura 97. Configuración de unidades y códigos de diseño en Etabs.

En dicha ventana escoger los códigos con los que se va a trabajar para este caso ACI-318-11 y las unidades “Métric SI”, y despliega la ventana “New Model Quick Templates”.

## Paso 2: Creación de grillas

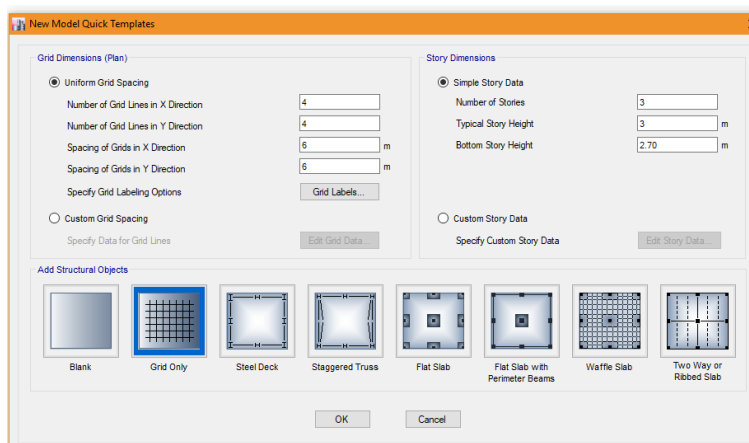


Figura 98. Definición de las grillas y las alturas de los pisos en Etabs.

## Paso 2: Definición de materiales

ir al menú “Define>Material Properties>Add New Material” se observa la ventana donde puede definirse primero el tipo de material (concreto, acero, etc.).

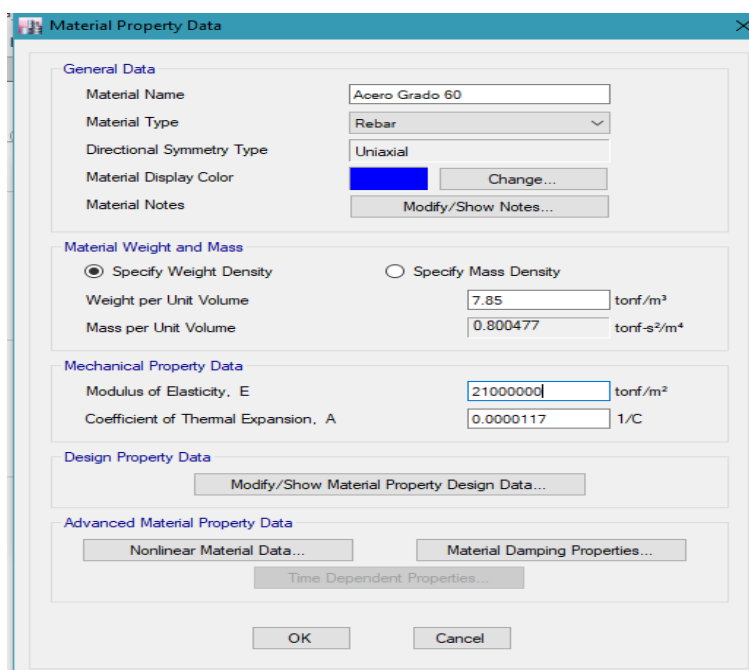


Figura 99. Definición de propiedades del acero en Etabs.

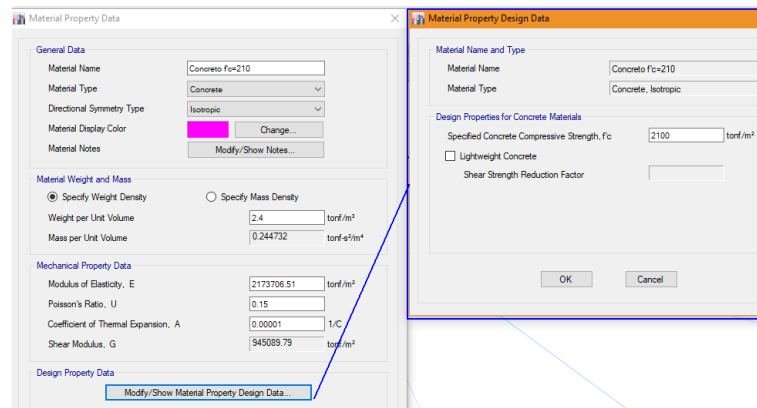


Figura 100. Definición de propiedades del concreto en Etabs.

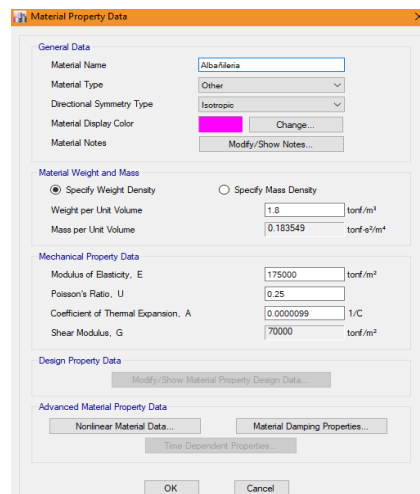


Figura 101. Definición de propiedades de la albañilería en Etabs.

### Paso 3: Creación de secciones

Ir a “Define>>Section Properties>>Frame Sección”, se pueden generar nuevas secciones, con la opción “Add New Property”

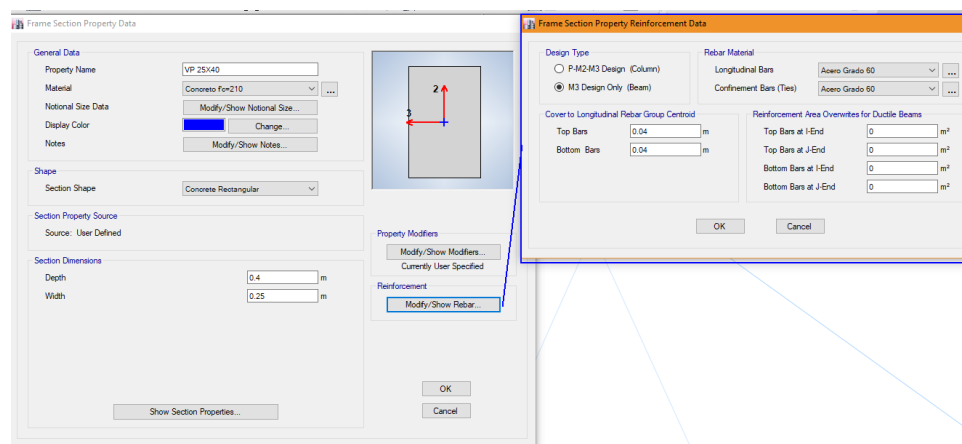


Figura 102. Creación de sección para vigas en Etabs.



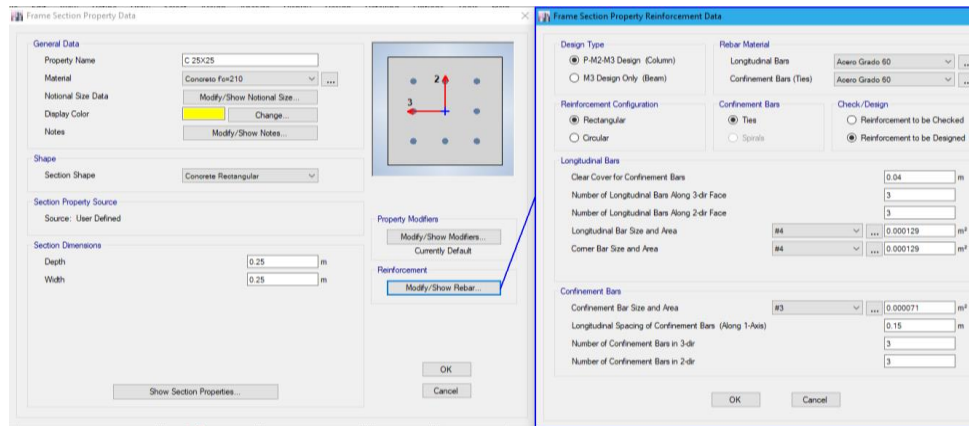


Figura 103. Creación de sección para columnas en Etabs.

Para elemento losa “Define>>Section Properties>>Slab Sections”, con la opción “Add New Property”.

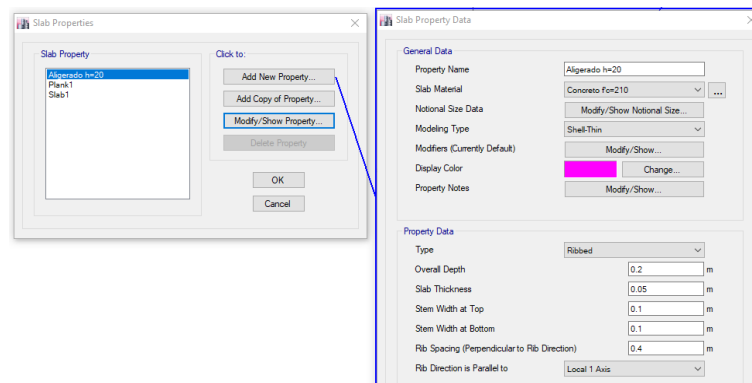


Figura 104. Creación de sección para losa en Etabs.

Para elemento muro “Define>Section Properties>Wall Sections”, con la opción “Add New Property”

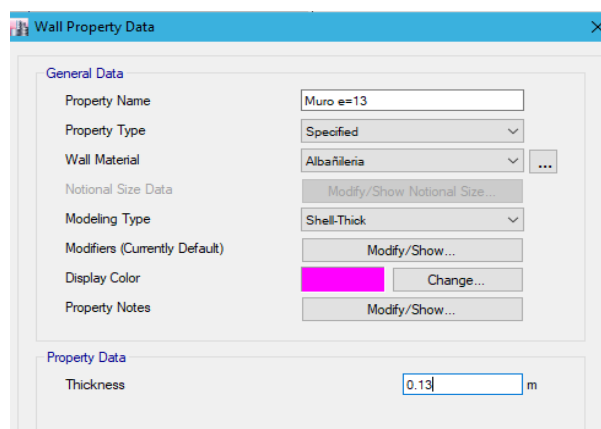
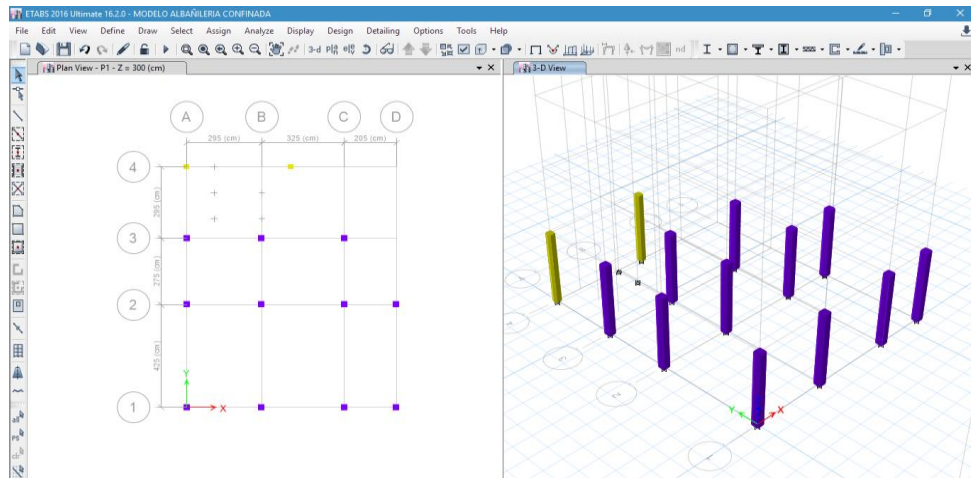


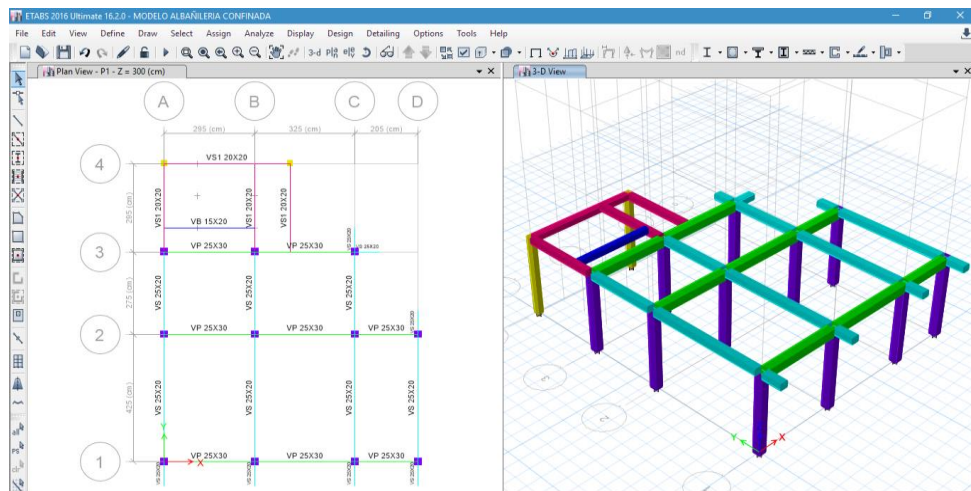
Figura 105. Creación de sección de muro en Etabs.

## Paso 4: Dibujo del modelo

Seleccionar el icono directo de elementos columna “Draw Columns”.

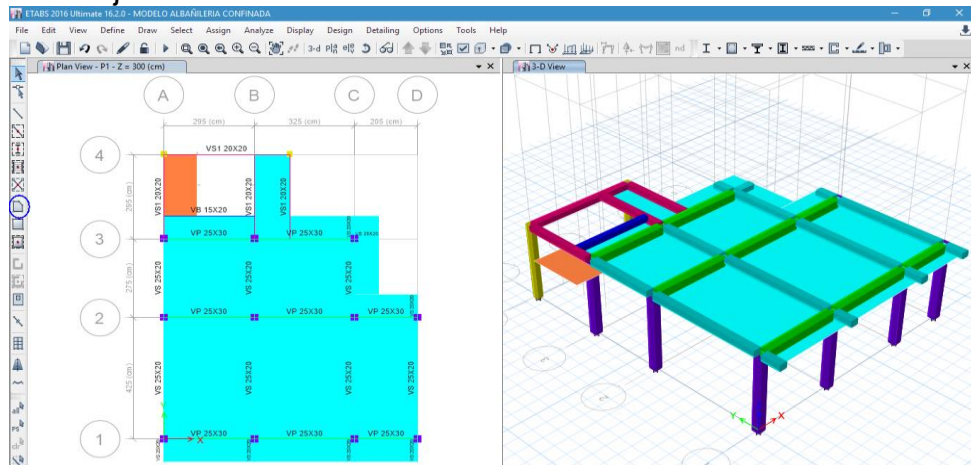


**Figura 106.** Dibujo de elementos columnas en Etabs.



**Figura 107.** Dibujo de elementos vigas en Etabs.

Dibujo elementos losa con el icono directo “Draw Floor”.



**Figura 108.** Dibujo de elementos losa en Etabs.

## Dibujo elementos muro con el icono directo "Walls".

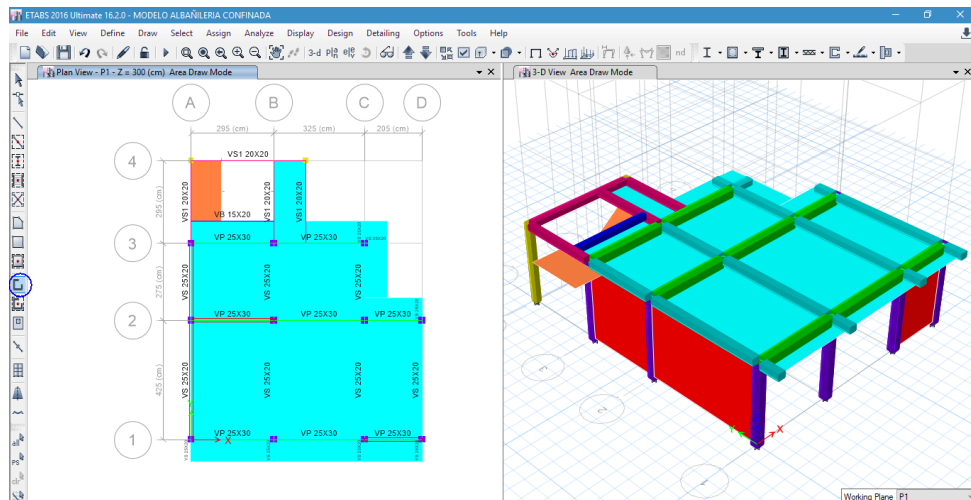


Figura 109. Dibujo de elementos muro en Etabs.

Multiniveles: Seleccionar todos los elementos del P1 desde el menú "Edit> Replicate" y seleccionar los pisos que se va replicar y dar ok y serán replicados los pisos superiores.

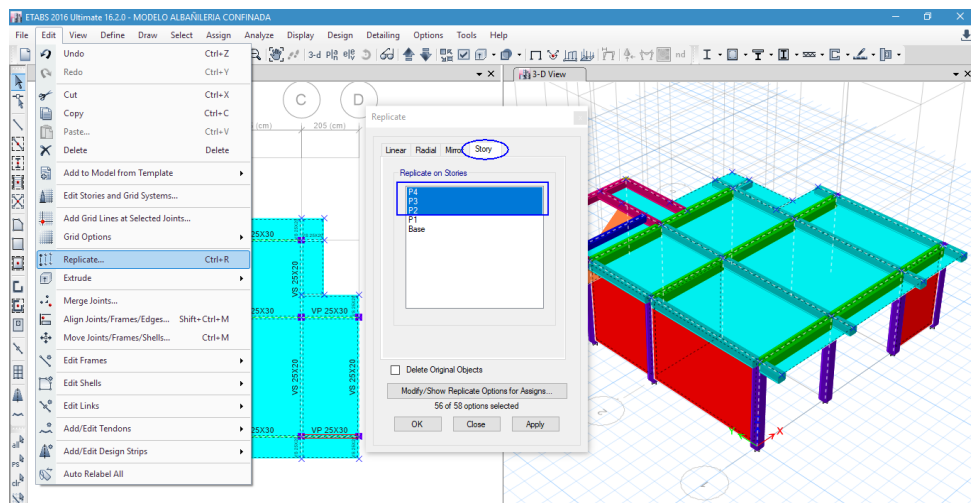


Figura 110. Multiniveles de pisos en Etabs.

Modelado final de la estructura:

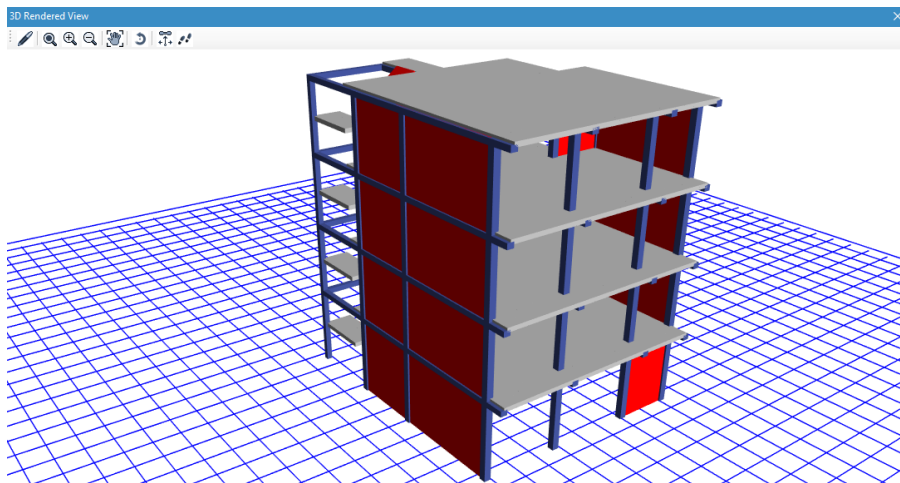


Figura 111. Visualización tridimensional realista en Etabs.

### Paso 5: Asignación de restricciones

Seleccionar los apoyos en la base e ir al menú "Assign>Joint >Restraints".

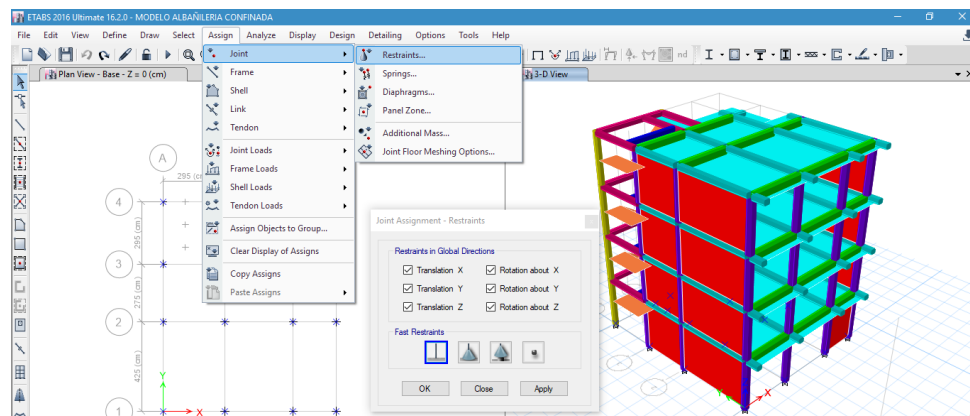


Figura 112. Restricciones asignadas en la base en Etabs.

### Paso 6: Definición de Casos de carga (estático)

En el menú "Define > Load Ptns".

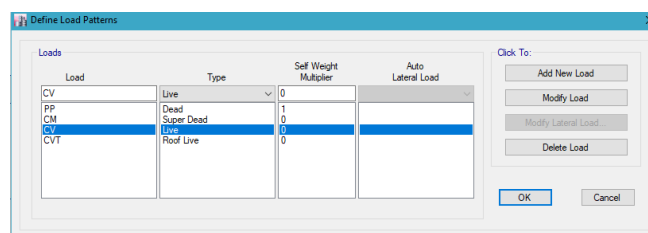


Figura 113. Definición casos de carga permanente en Etabs.

Para casos de sismo estático en la dirección “X” y “Y” asignar los coeficientes de la cortante C y K calculados inicialmente para el otro software.

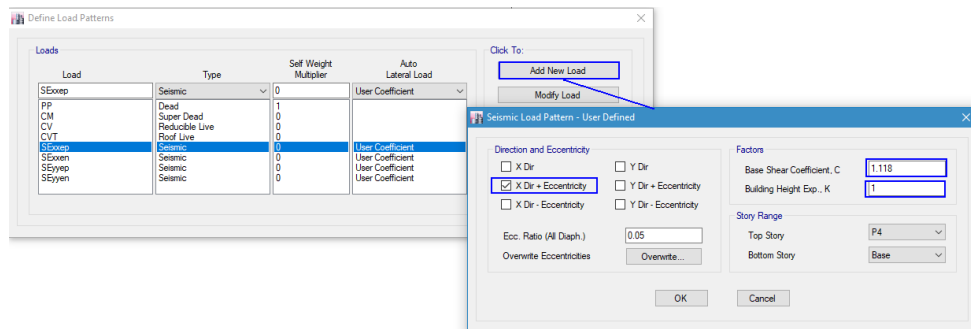


Figura 114. Definir casos de carga sísmico estático en Etabs.

## Paso 7: Asignación de carga a la estructura

Asignar las cargas seleccionando las losas y aplicamos las cargas.

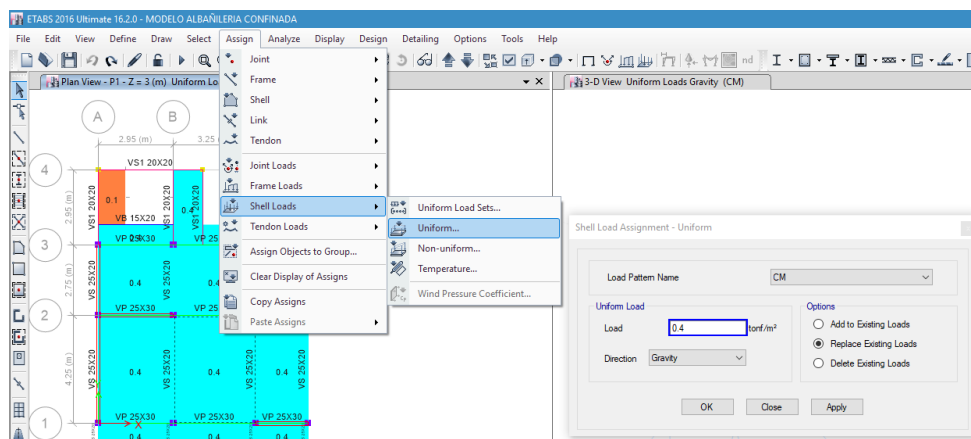


Figura 115. Asignar cargas muertas en las losas en Etabs.

Luego preseleccionar las losas y asignar carga viva

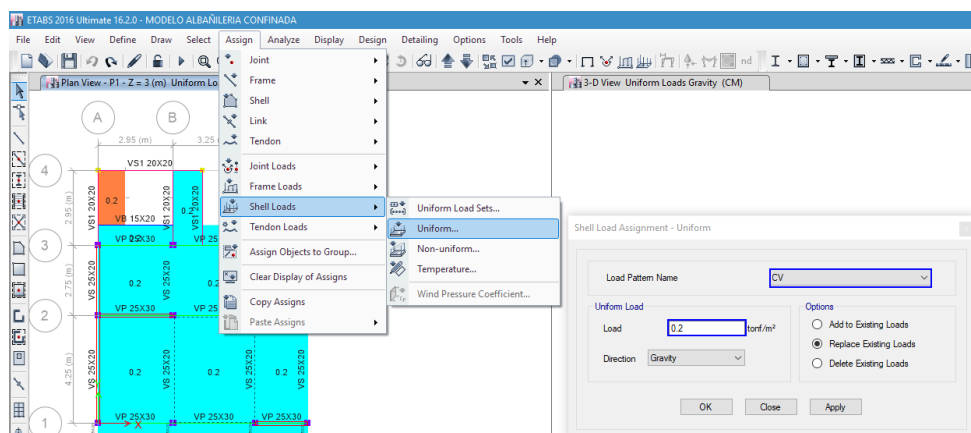


Figura 116. Asignar cargas vivas en las losas en Etabs.

## Paso 8: Cálculo del peso sísmico efectivo

Ir al menú “Define>Mass Source”, considerar una excentricidad accidental del 0.05.

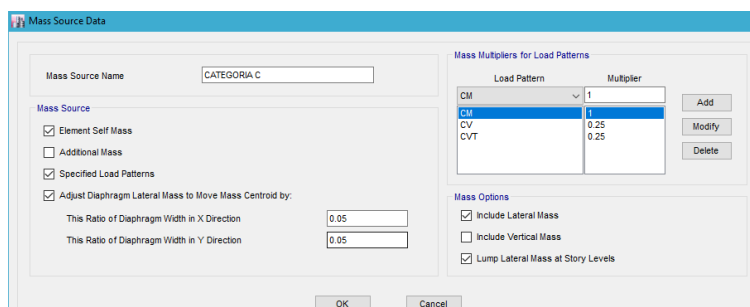


Figura 117. Entrada de datos para el cálculo del peso en Etabs.

## Paso 9: Combinaciones de carga

Ingresar al menú “Define>Load Combination>add New Comb”

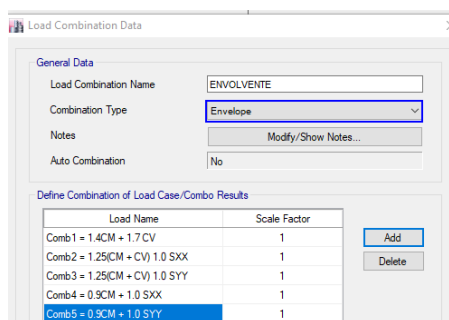


Figura 118. Combinaciones de carga generadas en Etabs.

## Procesamiento numérico

### Paso 10: Tipo de análisis Modal

Ir al menú “Define>Modal Cases” y añadir nuevo caso modal con la pestaña “Add New Case”.

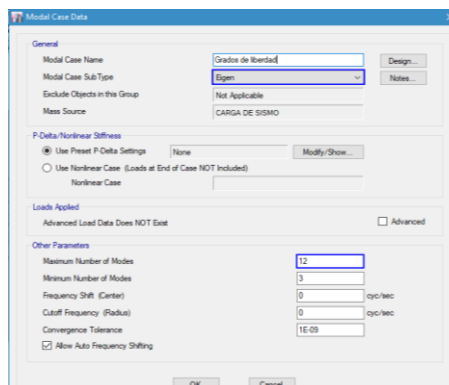
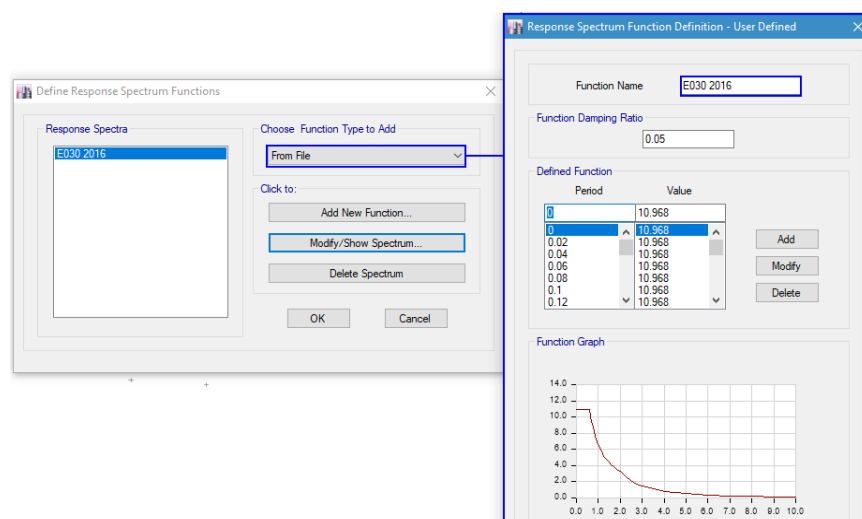


Figura 119. Ingreso de modos de vibración en Etabs.

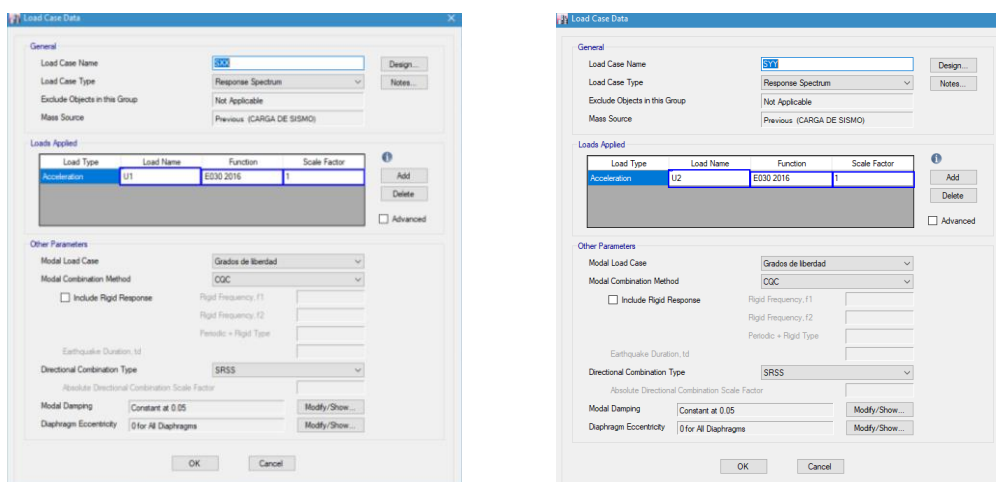
## Paso 11: Tipo de análisis Espectral

Ir al menú “Define>>Functions”, luego seleccionar “From File” añadir con el botón “Add New Function”, y en la ventana del espectro buscar el archivo y lo cargarlo.



**Figura 120.** Visualización del espectro de diseño importado en Etabs.

Definir casos de carga dinámica “SXX” y “SYY” en el menú “Define>Load Cases” y click en “Add New Case”. En “Scale Factor” colocar 1 por que en el espectro el valor de la gravedad está multiplicando. Y en la excentricidad dejarlo en cero porque en la Fuente de masa ya se colocó.



**Figura 121.** Definición de caso de carga dinámica en Etabs.

## Paso 12: Asignar diafragma rígido

Ir al menú “Define>Diaphragm” para crear los diafragmas. Y posterior asignar los diafragmas por pisos.

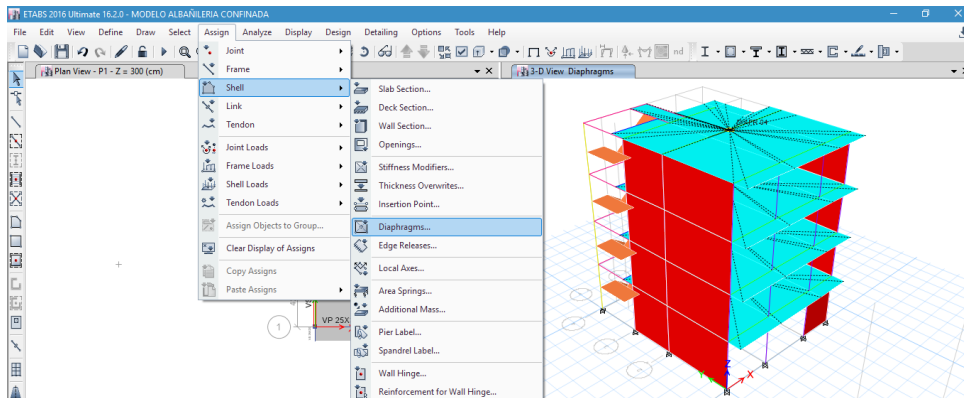


Figura 122. Asignar diafragmas rígidos por pisos en Etabs.

## Paso 13: Asignar brazos rígidos

Seleccionar toda la estructura e ir al menú “Assing>Frame>End Length Offsets”.

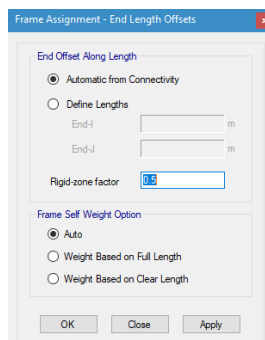


Figura 123. Asignar brazos rígidos a la estructura en Etabs.

## Paso 14: Creación de mallado

Seleccionar las losas aligeradas, nos vamos al menú “Assign>Shell>Floor Auto Mesh Options”.

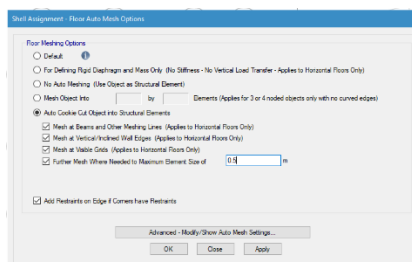


Figura 124. Crear mallado en losas en Etabs.



De igual manera seleccionar los muros, e ir al menú “Assign>Shell>Wall Auto Mesh Options”.

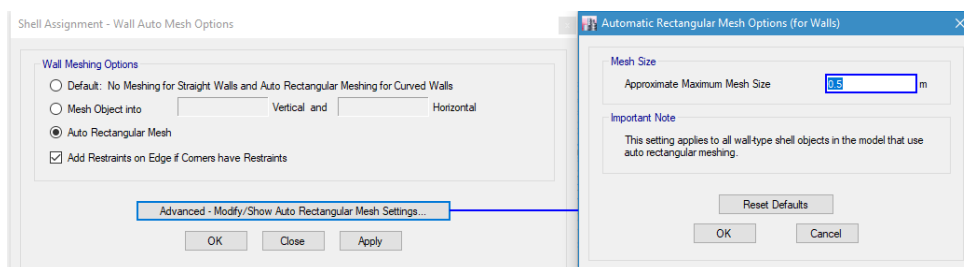


Figura 125. Crear mallado en muros en Etabs.

### Paso 15: Verificación de errores del modelo

Ir al menú “Analyze>Check Model”, y marcamos todos los chek. Y si no sale errores ya se puede realizar el análisis.

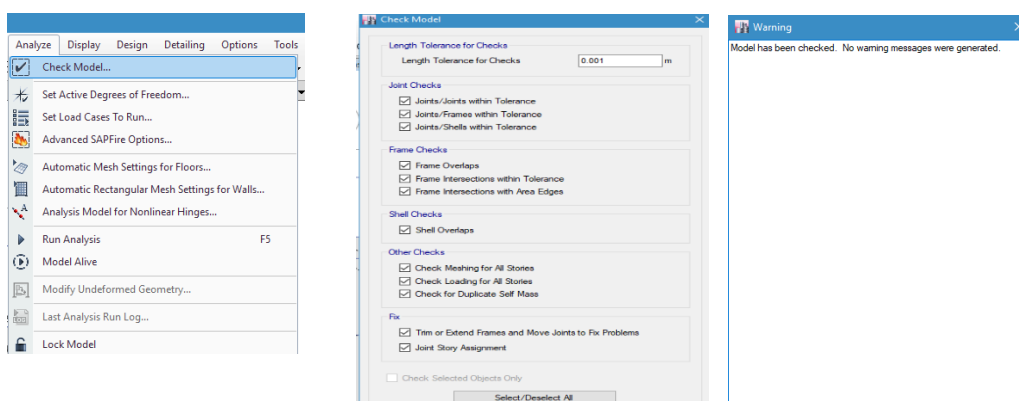


Figura 126. Revisión de errores de la estructura en Etabs.

### Paso 16: Verificación de la Regularidad estructural

De acuerdo con esto se verificará la regularidad de la estructura, esto se hará con los criterios de irregularidad en altura y planta.

#### a) Irregularidades en altura

##### Irregularidad de rigidez (Piso blando)

$\Delta_{e(i)}$  = Distorsión de entrepiso i

$\Delta_{inf.}$  = Deriva de piso inferior

$\Delta_{sup.}$  = Deriva de piso superior

$$\Delta_{e(i)} = \frac{\Delta_{inf.} + \Delta_{sup.}}{2}$$

Existirá piso blando cuando para algún entrepiso  $i$  se cumpla por lo menos unas de las siguientes condiciones:

$$\Delta_{e(i)} > 1.4\Delta_{e(i+1)}$$

o

$$\Delta_{e(i)} > 1.25 \frac{(\Delta_{e(i+1)} + \Delta_{e(i+2)} + \Delta_{e(i+3)})}{3}$$

**Tabla 40.** Irregularidad de rigidez en dirección X.

Dirección X-X				
Piso	Deriva	max=1.4	max=1.25	Irregularidad
P4	0.0049			
P3	0.0065	1.321		NO
P2	0.0069	1.058		NO
P1	0.0097	1.410	1.590	SI
Ia =				0.50

Presenta irregularidad de rigidez extrema en la dirección X.

**Tabla 41.** Irregularidad de rigidez en dirección Y.

Dirección Y-Y				
Piso	Deriva	max=1.4	max=1.25	Irregularidad
P4	0.0027			
P3	0.0038	1.411		NO
P2	0.0045	1.188		NO
P1	0.0142	3.180	3.912	SI
Ia =				0.50

Presenta irregularidad extrema de rigidez en la dirección Y.

### Irregularidad de resistencia (Piso débil)

$$\left(\frac{A_d}{A_{d+1}}\right)\left(\frac{h_{d+1}}{h_d}\right) < 0.80$$

$A_d$  = Suma de áreas resistentes a corte del entrepiso  $d$ .

$A_{d+1}$  = Suma de áreas resistentes a corte del entrepiso  $d+1$ .

$h_d$  = Altura del entrepiso  $d$ .

$h_{d+1}$  = Altura del entrepiso  $d+1$ .

**Tabla 42.** Irregularidad de resistencia en la dirección X.

Dirección X-X				
Piso	Area Corte (m <sup>2</sup> )	h (m)	min=0.80	Irregularidad
P4	13.51	2.7		
P3	13.51	2.7	1.00	NO
P2	13.51	2.7	1.00	NO
P1	15	3	1.00	NO
Ia =				1

No existe irregularidad de resistencia en la dirección X.

**Tabla 43.** Irregularidad de resistencia en la dirección Y.

Dirección Y-Y				
Piso	Area Corte (m <sup>2</sup> )	h (m)	min=0.80	Irregularidad
P4	30.39	2.7		
P3	30.39	2.7	1.00	NO
P2	30.39	2.7	1.00	NO
P1	21	3	0.62	SI
			la=	0.5

Existe Irregularidad de resistencia extrema en la dirección Y.

### Irregularidad de masa o peso

$$\text{Peso sísmico} = 100\% \text{ Dead} + 25\% \text{ Live}$$

$$P_i > 1.50P_{i+1} \vee P_i > 1.50P_{i-1}$$

$$P_i = \text{Peso sísmico de piso } i.$$

**Tabla 44.** Irregularidad de masa en dirección X & Y.

Dirección X-X & Y-Y				
Piso	Peso (Ton)	max=1.50	max=1.50	Irregularidad
P4	46.889		0.64	NO
P3	73.827	1.57	1.00	SI
P2	73.827	1.00	1.02	NO
P1	72.517	0.98		NO
			la=	0.90

Existe irregularidad de masa en ambas direcciones.

### Irregularidad geometría vertical

No existe irregularidad ya que las dimensiones en planta son iguales en todos los niveles,  $la = 1$ .

### Discontinuidad en los sistemas resistentes

Existe irregularidad por lo que presenta discontinuidad de los elementos verticales resistentes como es el caso de los muros portantes,  $la = 0.80$ .

**Tabla 45.** Resumen de irregularidades en altura.

IRREGULARIDADES ESTRUCTURALES EN ALTURA			la Dir X-X	la Dir Y-Y
Irregularidad de Rigidez – Piso Blando	<input type="checkbox"/> DIR X-X	<input type="checkbox"/> DIR Y-Y	1.00	1.00
Irregularidades de Resistencia – Piso Débil	<input type="checkbox"/> DIR X-X	<input type="checkbox"/> DIR Y-Y	1.00	1.00
Irregularidad Extrema de Rigidez	<input checked="" type="checkbox"/> DIR X-X	<input checked="" type="checkbox"/> DIR Y-Y	0.50	0.50
Irregularidad Extrema de Resistencia	<input type="checkbox"/> DIR X-X	<input checked="" type="checkbox"/> DIR Y-Y	1.00	0.50
Irregularidad de Masa o Peso	<input checked="" type="checkbox"/> AMBAS DIRECCIONES		0.90	0.90
Irregularidad Geométrica Vertical	<input type="checkbox"/> DIR X-X	<input type="checkbox"/> DIR Y-Y	1.00	1.00
Discontinuidad en los Sistemas Resistentes	<input checked="" type="checkbox"/> AMBAS DIRECCIONES		0.80	0.80
Discontinuidad extrema de los Sistemas Resistentes	<input type="checkbox"/> AMBAS DIRECCIONES		1.00	1.00
Tener en cuenta las restricciones de la tabla N° 10	<b>Se toma el valor mas critico</b>		<b>0.50</b>	<b>0.50</b>

## b) Verificación de Irregularidades en planta

### Irregularidad torsional

$$\Delta_{max} > 1.2 \Delta_{C.M.} \quad y \quad \Delta_{max} > 0.5 \Delta_{Permisible}$$

$$\Delta_{max} > 1.5 \Delta_{C.M.} \quad y \quad \Delta_{max} > 0.5 \Delta_{Permisible}$$

**Tabla 46.** Irregularidad de torsional en dirección X.

Dirección X-X					
Piso	Carga	Deriva ( $\Delta_{max}$ )	Deriva ( $\Delta_{C.M.}$ )	max=1.2	Irregularidad
P4	SXX Max	0.0049	0.0035	<b>1.42</b>	SI
P3	SXX Max	0.0065	0.0048	<b>1.37</b>	SI
P2	SXX Max	0.0069	0.0052	<b>1.33</b>	SI
P1	SXX Max	0.0097	0.0045	<b>2.15</b>	SI
				Ip=	0.6

Presenta irregularidad torsional extrema en la dirección X.

**Tabla 47.** Irregularidad de torsional en dirección Y.

Dirección Y-Y					
Piso	Carga	Deriva ( $\Delta_{max}$ )	Deriva ( $\Delta_{C.M.}$ )	max=1.2	Irregularidad
P4	SYX Max	0.0027	0.0011	<b>2.32</b>	SI
P3	SYX Max	0.0038	0.0016	<b>2.29</b>	SI
P2	SYX Max	0.0045	0.0022	<b>2.00</b>	SI
P1	SYX Max	0.0142	0.0059	<b>2.40</b>	SI
				Ip=	0.6

Existe irregularidad torsional extrema en la dirección Y.

### Irregularidad de esquinas entrantes

Debido a la planta de la edificación se puede apreciar que no presenta esquinas entrantes.

### Irregularidad de discontinuidad de diafragma

No presenta discontinuidad ya que la única abertura que presenta la edificación es del ducto de ascensores y escaleras el cual no excede el 50% del área bruta del diafragma.

### Sistemas no paralelos

La edificación es totalmente vertical y horizontal, por ende, sus elementos estructurales se encuentran en sistemas paralelos.

**Tabla 48.** Resumen de irregularidades en planta.

IRREGULARIDADES ESTRUCTURALES EN PLANTA			Ip Dir X-X	Ip Dir Y-Y
Irregularidad Torsional	<input type="checkbox"/> DIR X-X	<input type="checkbox"/> DIR Y-Y	1.00	1.00
Irregularidad Torsional Extrema	<input checked="" type="checkbox"/> DIR X-X	<input checked="" type="checkbox"/> DIR Y-Y	0.60	0.60
Esquinas Entrantes	<input type="checkbox"/> DIR X-X	<input type="checkbox"/> DIR Y-Y	1.00	1.00
Discontinuidad del Diafragma	<input type="checkbox"/> AMBAS DIRECCIONES		1.00	1.00
Sistemas no Paralelos	<input type="checkbox"/> DIR X-X	<input type="checkbox"/> DIR Y-Y	1.00	1.00
Tener en cuenta las restricciones de la tabla N° 10			<b>Se toma el valor mas critico</b>	<b>0.60</b>

## Post Procesamiento

### Paso 17: Análisis sísmico estático

#### Peso sísmico de la edificación

Los valores del peso sísmico de la estructura calculado por el programa Etabs, de acuerdo con lo indicado en la norma E.030, se obtuvo:

Story	UX ton	UY ton	UZ ton
F4	46.88907	46.88907	0
P3	73.82696	73.82696	0
P2	73.82696	73.82696	0
P1	72.51708	72.51708	0
Base	3.61312	3.61312	0

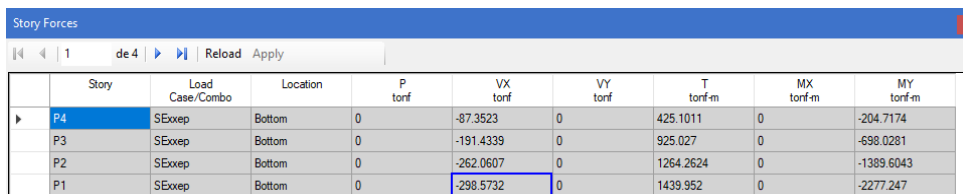
**Figura 127.** Pesos sísmicos por pisos en Etabs.

**Tabla 49.** Peso sísmico total de la edificación.

PISO	P (Ton)
P4	46.889
P2	73.827
P2	73.827
P1	72.517
267.060	

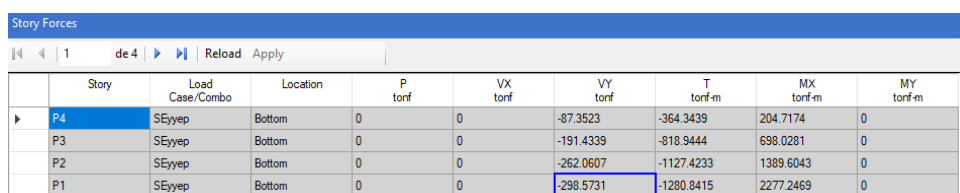
## Calculo del cortante estático en la base

Para visualizar ir a “Display>>Show Tables>>Story Forces” seleccionar los casos de carga SExxep (para cortante en X) y SEyyep (Para cortante en Y).



Story	Load Case/Combo	Location	P tonf	VX tonf	VY tonf	T tonf-m	MX tonf-m	MY tonf-m
P4	SExxep	Bottom	0	-87.3523	0	425.1011	0	-204.7174
P3	SExxep	Bottom	0	-191.4339	0	925.027	0	-698.0281
P2	SExxep	Bottom	0	-262.0607	0	1264.2624	0	-1389.6043
P1	SExxep	Bottom	0	-298.5732	0	1439.952	0	-2277.247

Figura 128. Cortante estático en la base en la dirección X en Etabs.



Story	Load Case/Combo	Location	P tonf	VX tonf	VY tonf	T tonf-m	MX tonf-m	MY tonf-m
P4	SEyyep	Bottom	0	0	-87.3523	-364.3439	204.7174	0
P3	SEyyep	Bottom	0	0	-191.4339	-818.9444	698.0281	0
P2	SEyyep	Bottom	0	0	-262.0607	-1127.4233	1389.6043	0
P1	SEyyep	Bottom	0	0	-298.5731	-1280.8415	2277.2469	0

Figura 129. Cortante estático en la base en la dirección Y en Etabs.

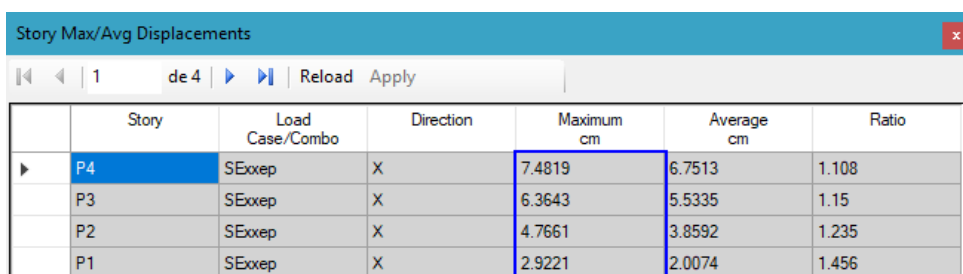
## Distribución de Fuerza sísmica en altura

Tabla 50. Distribución de fuerza sísmica estática en altura en Etabs.

Piso	Pi ton	h m	hi m	hi^k	Pjhj^k	ai	Fi Ton-f
P4	46.889	2.7	11.1	11.1	520.469	0.2926	87.352
P3	73.827	2.7	8.4	8.4	620.146	0.3486	104.082
P2	73.827	2.7	5.7	5.7	420.814	0.2365	70.627
P1	72.517	3	3	3	217.551	0.1223	36.512
					1778.980		298.573

## Desplazamiento lateral

Los desplazamientos máximos, ir “Display>>Show Tables>>Story Max/Displacements” para el caso de sismo en X (SExx) & Y (SEyy).



Story	Load Case/Combo	Direction	Maximum cm	Average cm	Ratio
P4	SExxep	X	7.4819	6.7513	1.108
P3	SExxep	X	6.3643	5.5335	1.15
P2	SExxep	X	4.7661	3.8592	1.235
P1	SExxep	X	2.9221	2.0074	1.456

Figura 130. Desplazamiento máximo por sismo estático X en Etabs.

Story Max/Avg Displacements						
Story	Load Case/Combo	Direction	Maximum cm	Average cm	Ratio	
P4	SEyyep	Y	7.19	4.8328	1.488	
P3	SEyyep	Y	6.4718	4.2757	1.514	
P2	SEyyep	Y	5.4581	3.4843	1.566	
P1	SEyyep	Y	4.2541	2.553	1.666	

Figura 131. Desplazamiento máximo por sismo estático Y en Etabs.

Para visualizar los desplazamientos laterales ir “Display>>Show Tables>>Story Drifts” para el caso de sismo en X (SExx) & Y (SEyy).

Story Drifts								
Story	Load Case/Combo	Direction	Drift	Label	X cm	Y cm	Z cm	
P4	SExxep	X	0.004941	24	825	-80	1110	
P3	SExxep	X	0.006528	24	825	-80	840	
P2	SExxep	X	0.006907	12	0	995	570	
P1	SExxep	X	0.00974	29	295	995	300	

Figura 132. Desplazamiento lateral por sismo estático Y en Etabs.

Tabla 51. Control de deriva por sismo estático X en Etabs.

Piso	Carga	Deriva $\Delta$	Di $R*\Delta$	Maximo $\leq 0.005$
P4	SEX	0.0049	0.004	OK
P3	SEX	0.0065	0.006	FALLA
P2	SEX	0.0069	0.006	FALLA
P1	SEX	0.0097	0.009	FALLA

Story Drifts								
Story	Load Case/Combo	Direction	Drift	Label	X cm	Y cm	Z cm	
P4	SEyyep	Y	0.00266	25	825	505	1110	
P3	SEyyep	Y	0.003754	24	825	-80	840	
P2	SEyyep	Y	0.004459	24	825	-80	570	
P1	SEyyep	Y	0.01418	8	825	425	300	

Figura 133. Desplazamiento lateral por sismo estático Y en Etabs.

Tabla 52. Control de deriva por sismo estático Y en Etabs.

Piso	Carga	Deriva $\Delta$	Di $R*\Delta$	Maximo $\leq 0.005$
P4	SEY	0.0027	0.002	OK
P3	SEY	0.0038	0.003	OK
P2	SEY	0.0045	0.004	OK
P1	SEY	0.0142	0.013	FALLA

### Paso 18: Análisis sísmico dinámico

#### Calculo del cortante dinámico en la base

Para casos de carga SXX (Cortante en X) y SYX (Cortante en Y).

Story	Load Case/Combo	Location	P tonif	VX tonif	VY tonif	T tonif-cm	MX tonif-cm	MY tonif-cm
P4	SXX Max	Bottom	0	68.2929	21.1905	28367.674	5185.601	16356.649
P3	SXX Max	Bottom	0	147.7227	49.4566	62810.611	18070.34	54551.229
P2	SXX Max	Bottom	0	200.2863	71.911	88352.58	36946.281	106802.799
P1	SXX Max	Bottom	0	227.7526	88.182	104608.72	62917.504	173316.13

Figura 134. Cortante dinámico en la base en dirección X en Etabs.

Story	Load Case/Combo	Location	P tonif	VX tonif	VY tonif	T tonif-cm	MX tonif-cm	MY tonif-cm
P4	SYX Max	Bottom	0	24.6281	46.1735	29015.123	10944.901	5856.45
P3	SYX Max	Bottom	0	55.4466	107.3193	69956.71	38698.817	20153.725
P2	SYX Max	Bottom	0	76.989	155.4262	105243.494	79519.431	40414.16
P1	SYX Max	Bottom	0	88.182	188.095	131135.206	135164.198	66539.933

Figura 135. Cortante dinámico en la base en dirección Y en Etabs.

#### Periodo fundamental de vibración y masa participativa

Para visualizar los periodos ir “Display>>Show Tables>>Modal Results>>Modal Periods and Frequencies”.

Case	Mode	Period sec	Frequency cyc/sec	Circular Frequency	Eigenvalue rad <sup>2</sup> /sec <sup>2</sup>
Grados de libertad	1	0.415	2.412	15.1532	229.6199
Grados de libertad	2	0.375	2.668	16.7634	281.0107
Grados de libertad	3	0.216	4.628	29.0802	845.6567
Grados de libertad	4	0.125	7.999	50.2574	2525.8097
Grados de libertad	5	0.119	8.403	52.7982	2787.6512
Grados de libertad	6	0.073	13.753	86.4134	7467.2772
Grados de libertad	7	0.07	14.34	90.0988	8117.7949
Grados de libertad	8	0.06	16.606	104.3388	10886.5806
Grados de libertad	9	0.058	17.329	108.8818	11855.2457
Grados de libertad	10	0.057	17.62	110.7068	12255.9865
Grados de libertad	11	0.056	17.963	112.8678	12739.1327
Grados de libertad	12	0.054	18.403	115.6325	13370.8835

Figura 136. Periodos, frecuencias en Etabs.

Case	Mode	Period sec	UX	UY	UZ	Sum UX	Sum UY	Sum UZ
Grados de libertad	1	0.415	0.1928	0.4556	0	0.1928	0.4556	0
Grados de libertad	2	0.375	0.6361	0.1313	0	0.8289	0.5869	0
Grados de libertad	3	0.216	2.081E-05	0.3171	0	0.8289	0.5904	0
Grados de libertad	4	0.125	0.0961	0.0111	0	0.925	0.9151	0
Grados de libertad	5	0.119	0.038	0.0099	0	0.963	0.925	0
Grados de libertad	6	0.073	0.003	0.0371	0	0.9661	0.9621	0
Grados de libertad	7	0.07	0.0176	0.0108	0	0.9836	0.9729	0
Grados de libertad	8	0.06	0.0013	5.225E-06	0	0.9849	0.9729	0
Grados de libertad	9	0.058	0.0002	0.0016	0	0.9852	0.9745	0
Grados de libertad	10	0.057	0.0002	1.058E-05	0	0.9854	0.9745	0
Grados de libertad	11	0.056	4.993E-06	0.0006	0	0.9854	0.9751	0
Grados de libertad	12	0.054	0.0023	2.281E-05	0	0.9878	0.9751	0

Figura 137. Masa participativa en Etabs.



## Centros de masas y Rigidez

Centers of Mass and Rigidity										
Story	Diaphragm	Mass X tonf-s <sup>2</sup> /m	Mass Y tonf-s <sup>2</sup> /m	XCM m	YCM m	Cumulative X tonf-s <sup>2</sup> /m	Cumulative Y tonf-s <sup>2</sup> /m	XCCM m	YCCM m	
P1	DIAFR 01	6.22358	6.22358	4.2993	4.1647	6.22358	6.22358	4.2993	4.1647	
P2	DIAFR 02	6.21137	6.21137	4.3182	4.1658	6.21137	6.21137	4.3182	4.1658	
P3	DIAFR 03	6.21137	6.21137	4.3182	4.1658	6.21137	6.21137	4.3182	4.1658	
P4	DIAFR 04	3.48754	3.48754	4.3104	4.2073	3.48754	3.48754	4.3104	4.2073	

Figura 138. Centros de masas y rigideces en Etabs.

## Desplazamientos laterales

Los desplazamientos máximos para el caso de sismo dinámico, elegimos caso de sismo en X (SXX) y sismo en Y (SYY).

Story Max/Avg Displacements						
Story	Load Case/Combo	Direction	Maximum cm	Average cm	Ratio	
P4	SXX Max	X	5.4456	5.2328	1.041	
P3	SXX Max	X	4.3986	4.2498	1.035	
P2	SXX Max	X	3.3427	3.0656	1.09	
P1	SXX Max	X	2.1636	1.742	1.242	

Figura 139. Desplazamiento máximo por sismo dinámico X en Etabs.

Story Max/Avg Displacements						
Story	Load Case/Combo	Direction	Maximum cm	Average cm	Ratio	
P4	SYY Max	Y	5.75	3.7127	1.549	
P3	SYY Max	Y	5.2832	3.3438	1.58	
P2	SYY Max	Y	4.588	2.7957	1.641	
P1	SYY Max	Y	3.6837	2.1115	1.745	

Figura 140. Desplazamiento máximo por sismo dinámico Y en Etabs.

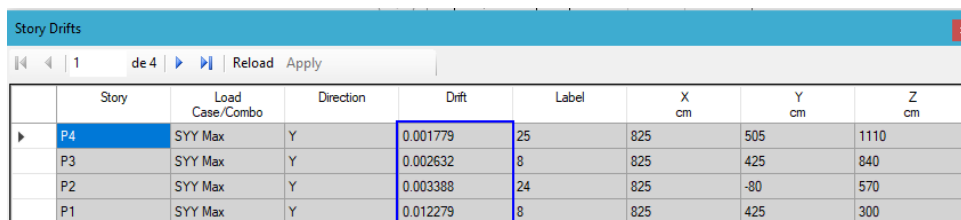
Los desplazamientos laterales para el caso de sismo en X (SXX) & Y (SYY).

Story Drifts								
Story	Load Case/Combo	Direction	Drift	Label	X cm	Y cm	Z cm	
P4	SXX Max	X	0.00432	24	825	-80	1110	
P3	SXX Max	X	0.005727	24	825	-80	840	
P2	SXX Max	X	0.006028	24	825	-80	570	
P1	SXX Max	X	0.007212	29	295	995	300	

Figura 141. Desplazamiento lateral por sismo dinámico X en Etabs.

**Tabla 53.** Control de deriva por sismo dinámico X en Etabs.

Piso	Carga	Deriva $\Delta$	Di $R*\Delta$	Maximo $\leq 0.005$
P4	SXX Max	0.0043	0.004	OK
P3	SXX Max	0.0057	0.005	FALLA
P2	SXX Max	0.0060	0.005	FALLA
P1	SXX Max	0.0072	0.006	FALLA



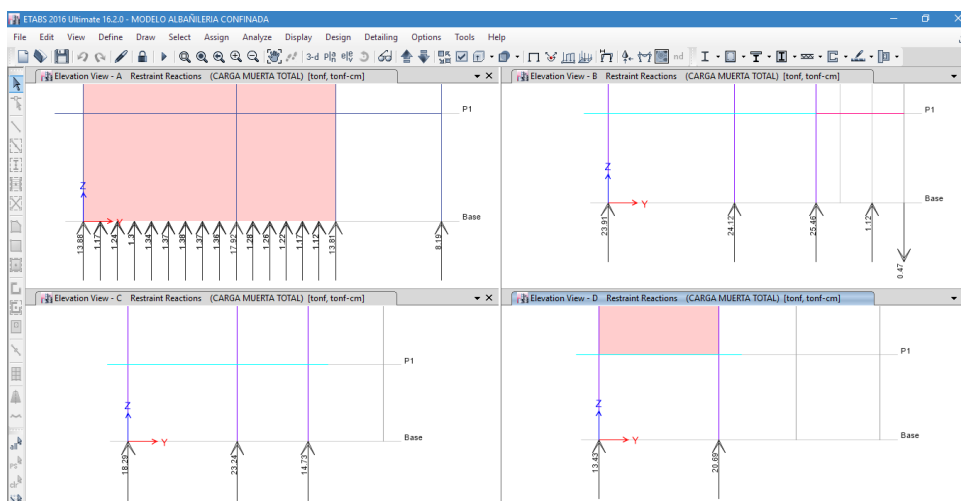
**Figura 142.** Desplazamiento lateral por sismo dinámico Y en Etabs.

**Tabla 54.** Control de deriva por sismo dinámico Y en Etabs.

Piso	Carga	Deriva $\Delta$	Di $R*\Delta$	Maximo $\leq 0.005$
P4	SYY Max	0.0018	0.002	OK
P3	SYY Max	0.0026	0.002	OK
P2	SYY Max	0.0034	0.003	OK
P1	SYY Max	0.0123	0.011	FALLA

### Paso 19: Fuerzas internas por los estados de cargas

**Reacciones:** Para visualizar las reacciones ir al menú “Display>Force/Stress>Support/Spring Reactions”.





## Paso 20: Diseño de elementos estructurales

### Diseño de viga

Seleccionar la misma viga del pórtico 2-2, del Piso 1.

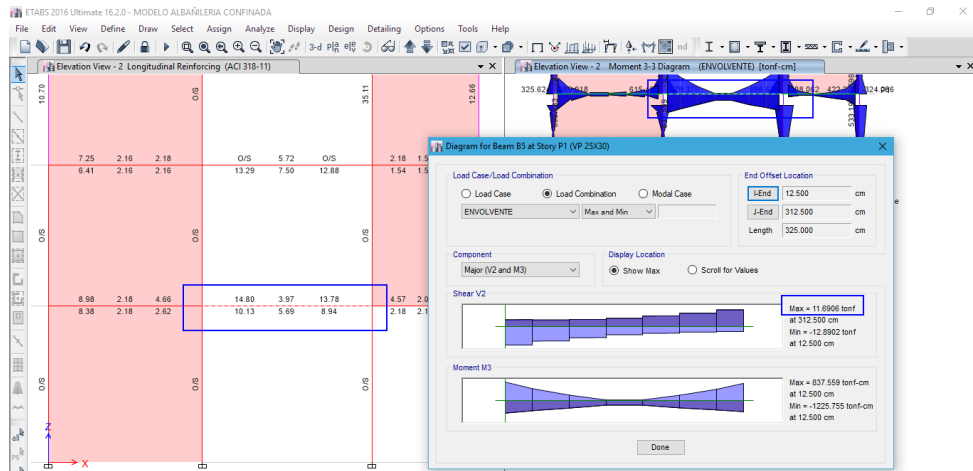
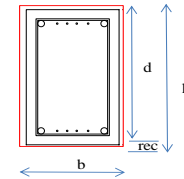


Figura 147. Área de acero y momento actuante de viga en Etabs.

### CALCULO DE VIGAS VIGA - VP 25X30

Datos					
$f_c =$	210	Kg/cm <sup>2</sup>	$b$	25	cm
$F_y =$	4200	Kg/cm <sup>2</sup>	$h$	30	cm
$B_1$	0.85		$rec$	4	cm
Luz libre	3.25	m	$d$	26	cm
$V_u =$	11.69	t	$\emptyset$	0.9	



Calculo del Area de Acero.

$$A_s = \frac{M_u}{\phi f_y (d - a/2)} \quad a = \frac{A_s f_y}{0.85 f'_c b} \quad \rho = \frac{A_s}{bd}$$

**As max** 10.36 cm<sup>2</sup>  
**As Viga** 5.07 cm<sup>2</sup>  
**As min** 1.57 cm<sup>2</sup>    **CUMPLE ! OK !**

### PARA MOMENTO NEGATIVO

Calculo del Momento Resistente de la Viga

Quantia (p)=	0.39%
Quantia Mecanica ( W)=	0.078
<b>Mr=</b>	2.38 t-m
<b>Mact.=</b>	12.26 t-m

Acero Existente ( A<sub>0</sub> )

N° varillas	As	cm <sup>2</sup>
2	As $\emptyset$ 1/2"	2.53
0	As $\emptyset$ 3/8"	0.00
0	As $\emptyset$ 3/8"	0.00
<b>As=</b>		<b>2.53</b>

**Mr ≥ Mact.**     $\rightarrow$     2.38    ≥    12.26

Falla la Viga

$M_{resistente} (Mr)$   
 $M_{actuante} (Mact.)$

### PARA MOMENTO POSITIVO

Calculo del Momento Resistente de la Viga

Quantia (p)=	0.39%
Quantia Mecanica ( W)=	0.078
<b>Mr=</b>	2.38 t-m
<b>Mact.=</b>	2.69 t-m

Acero Existente ( A<sub>0</sub> )

N° varillas	As	cm <sup>2</sup>
2	As $\emptyset$ 1/2"	2.53
0	As $\emptyset$ 3/8"	0.00
0	As $\emptyset$ 3/8"	0.00
<b>As=</b>		<b>2.53</b>

**Mr ≥ Mact.**     $\rightarrow$     2.38    ≥    2.69

Falla la Viga

$M_{resistente} (Mr)$   
 $M_{actuante} (Mact.)$

**DISTRIBUCION DE ESTRIBOS**

**DISEÑO POR CORTANTE**

$$V_c = 0.53 \cdot \sqrt{f'_c} \cdot b \cdot d$$

$$V_s = \frac{V_u}{\phi} - V_c$$

$$V_c + V_s \geq V_u$$

$$s = \frac{A_v \cdot f_y \cdot d}{V_s}$$

**Estribos** As  $\emptyset$  3/8" 0.71

**Espaciamiento** S= 20.00 cm

**Resistencia del Concreto** Vc= 4.99 t

**Resistencia del Acero** Vs= 7.78 t

**Debe Cumplir :** 12.77  $\geq$  11.69 ok

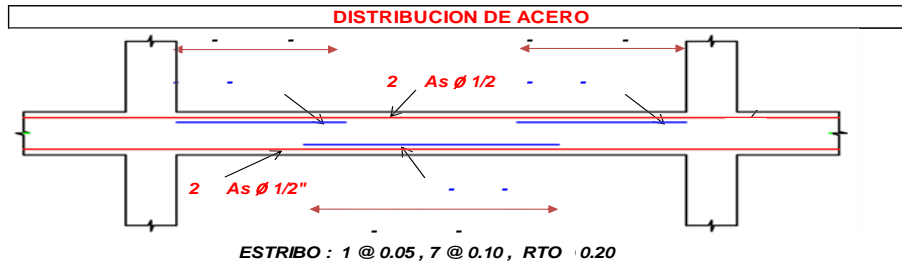


Figura 148. Verificación del diseño de viga en Etabs.

### Diseño de columna

Se diseña la misma columna del pórtico 2-2, del Piso 2.

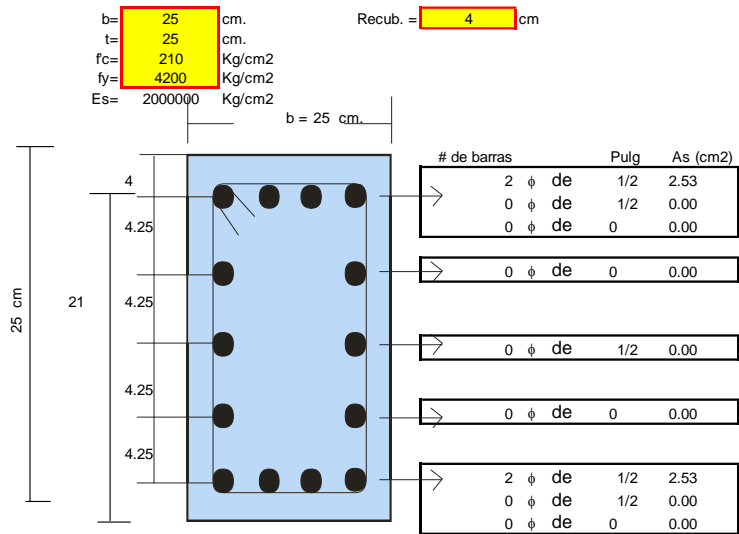
COMBO ID	STATION LOC	LONGITUDINAL REINFORCEMENT	MAJOR SHEAR REINFORCEMENT	MINOR SHEAR REINFORCEMENT
Comb3 = 1.25	225.000	6.25	0.1129	0.0000
Comb3 = 1.25	240.000	18.46	0.1129	0.0000
Comb4 = 0.9C	0.000	O/S #2	O/S #3	0.0219
Comb4 = 0.9C	45.000	O/S #2	O/S #3	0.0219
Comb4 = 0.9C	45.000	O/S #2	O/S #2	0.1048
Comb4 = 0.9C	90.000	34.06	0.1048	0.0219
Comb4 = 0.9C	90.000	25.20	0.0512	0.0218
Comb4 = 0.9C	120.000	24.69	0.0512	0.0218
Comb4 = 0.9C	135.000	24.67	0.0512	0.0218
Comb4 = 0.9C	135.000	18.12	0.0666	0.0218
Comb4 = 0.9C	180.000	18.13	0.0666	0.0218
Comb4 = 0.9C	180.000	14.11	0.1683	0.0219
Comb4 = 0.9C	225.000	32.89	0.1683	0.0219
Comb4 = 0.9C	225.000	21.87	O/S #3	0.0235
Comb4 = 0.9C	240.000	O/S #2	O/S #3	0.0235

Figura 149. Área de acero de columna en Etabs.

Point	P tonf	M2 tonf-cm	M3 tonf-cm
1	154.627	0	0
2	154.627	-152.439	171.299
3	137.3898	-227.323	255.448
4	108.9103	-325.212	365.448
5	65.8272	-405.897	456.115
6	5.3876	-475.059	533.834
7	-38.7618	-480.004	539.391
8	-106.0598	-441.922	496.598
9	-137.3366	-254.634	286.138
10	-173.1724	-15.069	16.933
11	-174.6396	0	0

Figura 150. Diagrama de interacción de la columna en Etabs.

**INGRESO DE DATOS:**



**DATOS DEL ANÁLISIS:**

$M_u = 0.82$  t - m  
 $P_u = 27.65$  t - m

$$A_s = \frac{M_u}{\phi f_y (d - a/2)}$$

$$a = \frac{A_s f_y}{0.85 f'_c b}$$

**As total = 5.07 cm<sup>2</sup>**  
**As mínimo 1% = 6.25 cm<sup>2</sup>**  
**As máximo 6% = 37.50 cm<sup>2</sup>**

**Incorrecto**

$$\rho = \frac{A_s}{bd} = 0.81\%$$

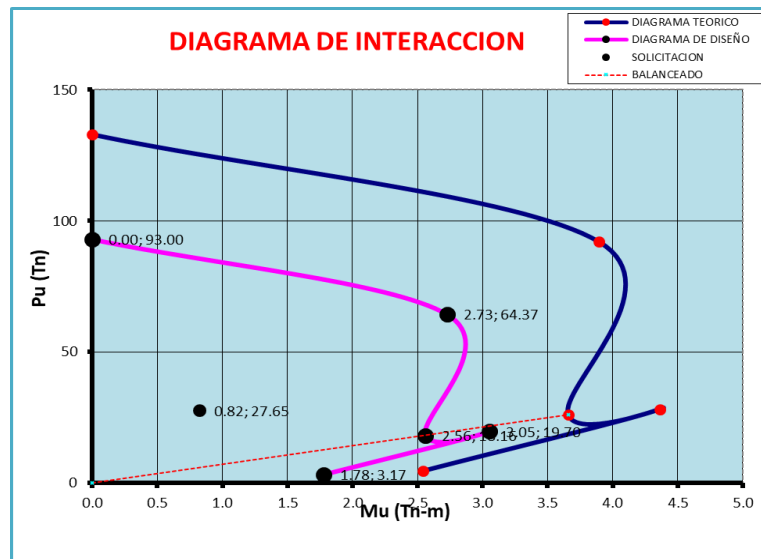
**FACTOR DE REDUCCION:**

0.7 para columnas estribadas  
 0.75 para columnas zunchadas

$\phi = 0.7$

$$0.01A_b < A_s < 0.06A_b$$

**Figura 151.** Chequeo del área de refuerzo de la columna en Etabs.



Punto	C	TEORICO		PRACTICO		BALANCEADO	
		Mu	Pu	Mu	Pu	Mu	Pu
3	4.00	2.54	4.53	1.78	3.17	0.00	0.00
5	8.18	4.36	28.14	3.05	19.70	3.66	25.94
Cb	12.35	3.66	25.94	2.56	18.16		
4	21	3.89	91.96	2.73	64.37		
1		0.00	132.86	0.00	93.00		

**Figura 152.** Puntos del diagrama de interacción de la columna en Etabs.

## Densidad de muros

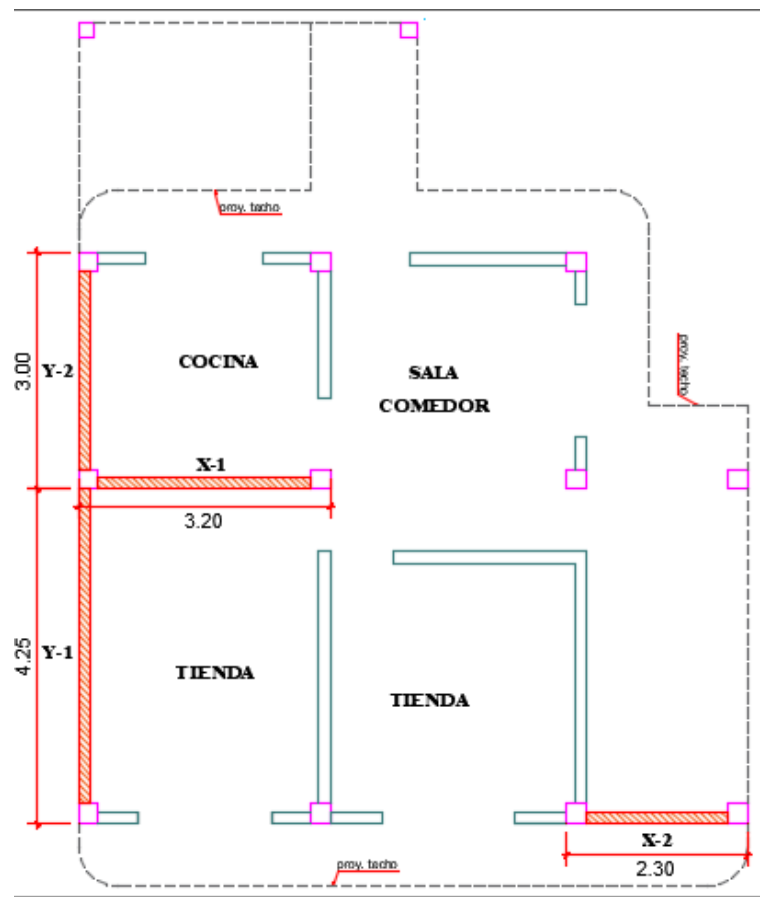


Figura 153. Distribución de muros típico.

La densidad mínima de muros reforzados en cada dirección está dada por:

$$\frac{\text{Area de muros}}{\text{Area de planta típica}} = \frac{A_m}{A_p} = \frac{\sum L * t}{A_p} \geq \frac{Z * U * S * N}{56}$$

$$\frac{\sum L * t}{A_p} \geq \frac{Z * U * S * N}{56} = \frac{0.35 * 1 * 1.15 * 4}{56} = 0.0288$$

Tabla 55. Densidad de muros reforzados.

Direccion X-X				Direccion Y-Y			
Muro	L (m)	t (m)	Am (m2)	Muro	L (m)	t (m)	Am (m2)
X-1	3.20	0.13	0.416	Y-1	4.50	0.13	0.585
X-2	2.30	0.13	0.299	Y-2	3.00	0.13	0.390
			$\sum L * t =$				$\sum L * t =$
			0.715				0.975

$$A_p = 55.98 \text{ m}^2$$

Según el eje X-X:

$$\frac{A_m}{A_p} = \frac{0.715}{55.98} = 0.0127$$

0.0127 < 0.0288 NO CUMPLE

Según el eje Y-Y:

$$\frac{A_m}{A_p} = \frac{0.975}{55.98} = 0.0174$$

0.0174 < 0.0288 NO CUMPLE

No cumple con lo establecido por la Norma Peruana E-070, con lo cual podemos concluir que la estructura es inestable en cuanto a el análisis de estabilidad de muros.



**ANEXO N° 04: VALIDACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN**



## FICHA DE VALIDACIÓN

### Informe de opinión del juicio de experto

**Datos generales**

1.1. Título de la Investigación: **ANÁLISIS COMPARATIVO APLICANDO EL SOFTWARE ROBOT STRUCTURAL ANALYSIS Y ETABS PARA EVALUAR EL COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL DE VIVIENDAS AUTOCONSTRUIDAS.**

**Aspectos de validación**

Indicadores	Criterios	Muy deficiente				Deficiente				Regular				Buena				Muy buena				
		0	6	11	16	21	26	31	36	41	46	51	56	61	66	71	76	81	86	91	96	
		5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100	
1. Claridad	Está formulado con lenguaje apropiado																				X	
2. Objetividad	Está expresado en conductas observables																					X
3. Actualidad	Adecuado a los nuevos conceptos de estructuras y construcción																					X
4. Organización	Existe una organización lógica.																				X	
5. Suficiencia	Comprende los aspectos en estructuras y construcción																					X
6. Intencionalidad	Adecuado para valorar los instrumentos de investigación																					X
7. Consistencia	Expresa resultados de forma resumida y de fácil comprensión																					X
8. Coherencia	Entre los índices, indicadores																				X	
9. Metodología	La estrategia responde al propósito de la investigación																					X
10. Pertinencia	Es útil y adecuado para la investigación																					X

Promedio de valoración:

98.5

<b>Nombres y apellidos:</b>	Marlon Anthony Chileno Yachi	<b>DNI N°</b>	47081565
<b>Dirección domiciliaria:</b>	Av. Huancavelica N° 743	<b>Teléfono/Celular:</b>	968510984
<b>Grado académico:</b>	Ingeniero		
<b>Mención:</b>			

Marlon A. Chileno Yachi  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP. N° 206721

Firma y fecha: .....



## FICHA DE VALIDACIÓN

### Informe de opinión del juicio de experto

**Datos generales**

1.1. Título de la Investigación: **ANÁLISIS COMPARATIVO APLICANDO EL SOFTWARE ROBOT STRUCTURAL ANALYSIS Y ETABS PARA EVALUAR EL COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL DE VIVIENDAS AUTOCONSTRUIDAS.**

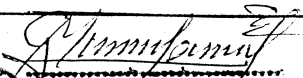

**Aspectos de validación**

Indicadores	Criterios	Muy deficiente				Deficiente				Regular				Buena			Muy buena				
		0	6	11	16	21	26	31	36	41	46	51	56	61	66	71	76	81	86	91	96
		5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. Claridad	Está formulado con lenguaje apropiado																		X		
2. Objetividad	Está expresado en conductas observables																				X
3. Actualidad	Adecuado a los nuevos conceptos de estructuras y construcción																				X
4. Organización	Existe una organización lógica.																			X	
5. Suficiencia	Comprende los aspectos en estructuras y construcción																			X	
6. Intencionalidad	Adecuado para valorar los instrumentos de investigación																			X	
7. Consistencia	Expresa resultados de forma resumida y de fácil comprensión																				X
8. Coherencia	Entre los índices, indicadores																			X	
9. Metodología	La estrategia responde al propósito de la investigación																			X	
10. Pertinencia	Es útil y adecuado para la investigación																			X	

Promedio de valoración:

95.5

Nombres y apellidos:	Gerardo Máximo CANTO ARIAS	DNI N°	20882956
Dirección domiciliaria:	Jr. Uruguay N° 135 - JUNÍN	Teléfono/Celular:	954656566
Grado académico:	Ingeniero		
Mención:	Civil		

  

**GERARDO M. CANTO ARIAS**  
 INGENIERO CIVIL  
 Firma y fecha: ..... CIP. 78821 .....

**ANEXO N° 05: CERTIFICADOS DE ENSAYOS**

**LABORATORIO DE METROLOGIA**

**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° 1192 /16**

FECHA DE EMISIÓN: 2016-02-03

PÁGINA : 1 de 3

- 1. SOLICITANTE** : **INGENIEROS CONSULTEC H.R SAC**  
**DIRECCIÓN** : **PSJ. LAS NUBES 125 - EL TAMBO - HUANCAYO**
- 2. EQUIPO** : **HORNO ELECTRICO**  
**MARCA** : **YF**  
**MODELO** : **STHX-1A**  
**N° SERIE** : **11028**  
**PROCEDENCIA** : **CHINA**  
**IDENTIFICACIÓN** : **NO INDICA**  
**UBICACIÓN** : **LABORATORIO PYS EQUIPOS**  
**TEMPERATURA DE TRABAJO** : **120 °C**

DESCRIPCIÓN	CONTROL	INSTRUMENTO DEL EQUIPO
ALCANCE DE INDICACIÓN	225 °C	(*)
DIV. ESCALA / RESOLUCION	25 °C	(*)
TIPO	DIGITAL	(*)

**3. FECHA Y LUGAR DE MEDICIÓN**

La calibración se efectuó el 03 de Febrero del 2016, en las instalaciones del laboratorio de PYS EQUIPOS

**4. MÉTODO Y PATRÓN DE MEDICIÓN :**

La calibración se efectuó por comparación con patrones que tienen trazabilidad a la Escala Internacional de Temperatura de 1990, tomando como referencia el Procedimiento de Calibración de Incubadoras y Estufas PC-007 del SNM/INDECOPI.

Se utilizó un termómetro patrón con Certificado de Calibración N° LT-587-2015 trazable a INACAL

**5. RESULTADOS :**

La calibración se realizó bajo las siguientes condiciones ambientales:

Temperatura Ambiental : 23.5 °C      Humedad Relativa : 50 %      Presión Ambiental : 1 bar

Los resultados de las mediciones efectuadas se muestran en la página 02 del presente documento.

La incertidumbre de la medición se ha determinado con un factor de cobertura  $k = 2$ , para un nivel de confianza de 95% aproximadamente.

**6. OBSERVACIONES**

Con fines de identificación se ha colocado una etiqueta autoadhesiva con la indicación "CALIBRADO". (\*) El equipo solo cuenta con un control analogico de temperatura.

La periodicidad de la calibración está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o reglamentos vigentes.

Los resultados se refieren únicamente al instrumento ensayado en el momento de la calibración y en las condiciones especificadas en este documento. No se realizó ningun tipo de ajuste al equipo antes de la calibración.



Calibrado por:  
**Amed Castillo Espinoza**  
**Técnico Metrología**

Calle 4, MZ P1 LT 65 Urb. Virgen del Rosario - Lima 31  
 Telf.: 522 0723 / 485 3873 Rpm. #945 183 033 / #945 181 317 Cel.: 945 183 033 / 945 181 317  
 E-mail: ventas@pys.pe / metrologia@pys.pe  
 Web Page: www.pys.pe

## LABORATORIO DE METROLOGIA

## CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° 1192 /16

PÁGINA : 2 de 3

TEMPERATURA DE TRABAJO : 120 °C													
Tiempo (min)	Termómetro del equipo (°C)	Indicación de termómetros patrones										Temperatura promedio (°C)	Tmax - Tmin
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
00	120	122.3	122.3	126.2	121.2	119.7	122.9	119.5	129.5	120.7	118.7	122.3	10.8
02	120	124.7	125.4	129.4	123.2	122.6	121.9	133.5	128.4	123.5	121.0	125.4	12.5
04	120	123.6	123.6	128.6	122.1	120.7	122.2	119.3	128.5	120.7	118.2	122.8	10.4
06	120	125.2	125.3	130.2	122.5	121.5	124.7	120.4	130.9	121.5	118.5	124.1	12.4
08	120	125.3	125.1	129.6	122.9	122.0	124.4	120.6	132.5	122.4	120.5	124.5	12.0
10	120	122.8	122.8	126.3	121.1	119.3	121.6	118.4	127.1	120.4	118.3	121.8	8.8
12	120	124.5	124.5	129.5	122.3	121.5	124.5	120.6	130.7	121.9	119.6	124.0	11.1
14	120	122.1	122.0	126.5	120.9	119.5	121.4	118.2	128.2	120.5	118.3	121.8	10.0
16	120	125.4	125.4	130.5	123.0	122.8	126.4	121.5	135.0	123.5	121.1	125.5	13.9
18	120	122.6	123.4	127.4	121.9	120.7	123.2	120.0	130.5	122.4	120.1	123.2	10.5
20	120	122.6	122.9	127.3	121.6	120.7	123.7	120.7	132.9	122.8	120.5	123.6	12.4
22	120	125.1	125.3	130.3	123.1	122.5	125.3	121.6	133.1	123.7	121.0	125.1	12.1
24	120	123.3	123.3	127.1	121.4	119.5	121.5	118.5	128.6	120.7	118.5	122.2	10.1
26	120	124.4	124.4	128.8	122.7	121.4	124.7	121.0	133.0	122.9	121.0	124.4	12.0
28	120	124.8	123.8	128.1	122.1	121.2	123.2	119.7	130.0	121.0	119.2	123.3	10.8
30	120	123.5	123.5	127.5	121.4	120.5	122.5	119.0	128.9	120.4	118.1	122.5	10.8
32	120	123.7	124.1	128.0	121.9	120.9	123.0	119.2	128.7	120.5	119.3	122.9	9.5
34	120	124.7	124.6	129.2	122.4	121.9	124.6	121.0	132.1	122.2	120.0	124.3	12.1
36	120	124.2	124.2	128.7	122.2	121.5	124.3	120.3	131.2	121.6	119.6	123.8	11.6
38	120	122.2	122.3	126.6	120.9	119.3	121.8	118.5	127.3	119.9	118.1	121.7	9.2
40	120	125.2	125.2	130.2	123.0	122.9	125.6	121.6	133.2	123.2	120.8	125.1	12.4
T. PROM.	120	123.9	124.0	128.4	122.1	121.1	123.5	120.6	130.5	121.7	119.5	123.5	
T. MAX.	120	125.4	125.4	130.5	123.2	122.9	126.4	133.5	135.0	123.7	121.1		
T. MIN.	120	122.1	122.0	126.2	120.9	119.3	121.4	118.2	127.1	119.9	118.1		
DTT	0.0	3.3	3.4	4.3	2.3	3.6	5.0	15.3	7.9	3.8	3.0		

DTT: Diferencia de temperatura (T. Max - T. Min.)

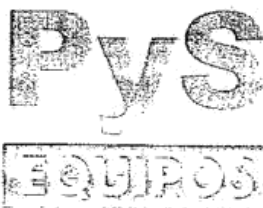
Temperatura Ambiental Promedio : 23.5 °C  
 Tiempo de calibración del equipo : 40 minutos  
 Tiempo de estabilización del equipo : 1 h 20 min

DESVIACIÓN MÁXIMA DE TEMPERATURA EN EL EQUIPO		INCERTIDUMBRE (± °C)
EN EL TIEMPO (°C)	EN EL ESPACIO (°C)	
15.3	10.9	2.0



Calle 4, Mz F1 Lt. 05 Urb. Virgen del Rosario - Lima 31  
 Telf.: 522 0723 / 485 3873 Rpm: #945 183 033 / #945 181 317 Cel.: 945 183 033 / 945 181 317  
 E-mail: ventas@pys.pe / metrologia@pys.pe  
 Web Page: www.pys.pe

"PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN TOTAL Y/O PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN LA AUTORIZACIÓN DE PYS EQUIPOS E.I.R.L.

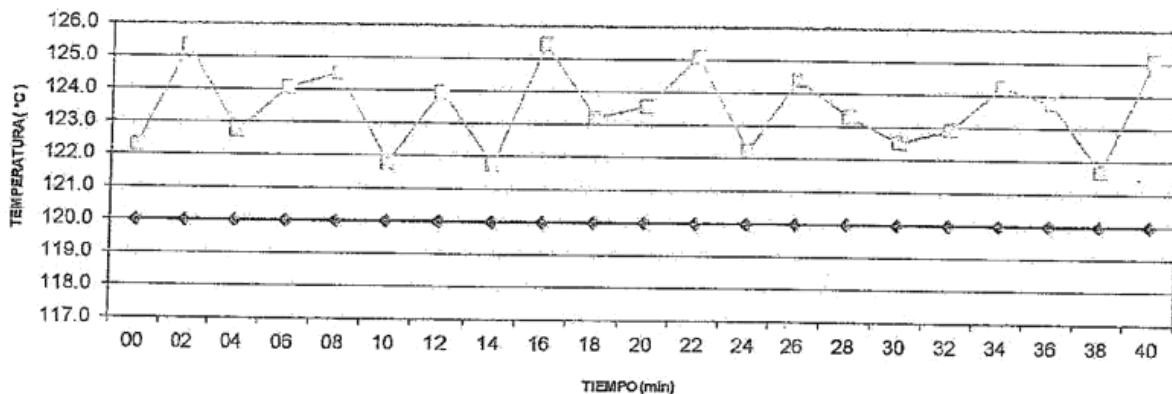


LABORATORIO DE METROLOGIA

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° 1192 /16

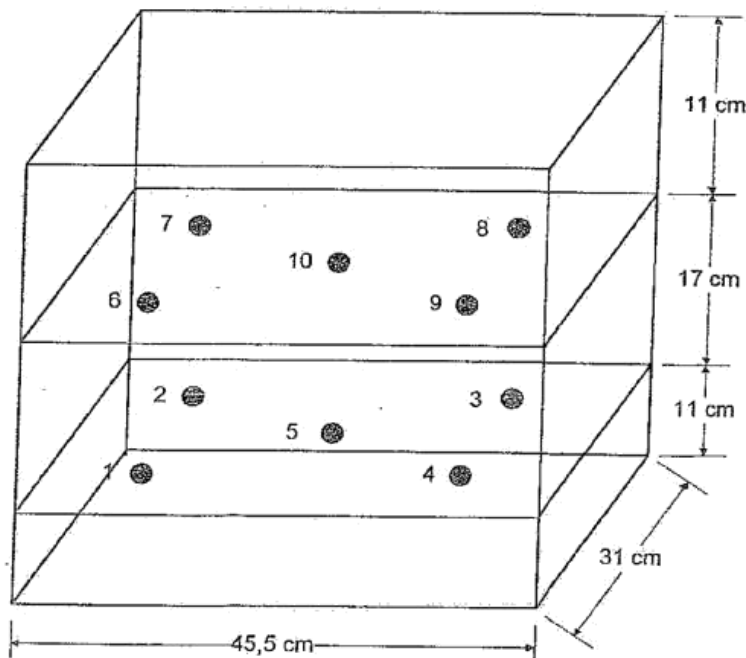
PÁGINA : 3 de 3

DISTRIBUCIÓN DE TEMPERATURAS EN EL EQUIPO  
TEMPERATURA DE TRABAJO: 120 °C



Termómetro del equipo      Temperatura Promedio Patrón

UBICACIÓN DE LOS SENSORES



Los termopares 5 y 10 están ubicados sobre el centro de sus respectivos niveles a 1,5 cm por encima de ellos. Los demás termopares están ubicados a un cuarto de la longitud de los lados del equipo (en el centro de cada cuadrante) y a 1,5 cm por encima de sus niveles.

Calle 4, MZ F-7 Lt. 03 Urb. Virgen del Rosario - Lima 31

Tel.: 522 0723 / 485 3873 Rpm: #945 183 033 / #945 181 317 Cel.: 945 183 033 / 945 181 317

E-mail: ventas@pys.pe / metrologia@pys.pe

Web Page: www.pys.pe



## CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

Página : 1 de 3  
Fecha : 19-08-16

**SM-653-2016**

- 1. CLIENTE** :  
Dirección :
- 2. EQUIPO** : BALANZA  
Marca : OHAUS  
Modelo : R31P30  
Serie : 8337140029  
Alcance : 30000 g  
División mínima (d) : 1 g  
Valor de verificación (e) : 1 g  
Capacidad mínima : 50 g  
Clase de Exactitud : II  
 $\Delta T$  local : 17,0°C hasta 30,0 °C  
Coeficiente Deriva Temperatura : 0.00001 °C<sup>-1</sup>  
Identificación : NO INDICA  
Servicio efectuado en : en las instalaciones de CONSULTEC S.A.C

### 3. MÉTODO DE CALIBRACIÓN

- CALIBRACION EFECTUADA SEGÚN: NMP-003-2009 y Procedimiento de Calibración de Balanzas de Funcionamiento No Automático Clase I y Clase II PC-011 4ta Edición: 2010 SNM/INDECOPI.

### 4. PATRÓN DE CALIBRACIÓN

- Se utilizo Pesas Patrones con Certificado: LM-533-2016, LM-C-058-2016, LM-C-059-2016, LM-C-172-2016, LM-C-173-2016, LM-002-2016 trazable a patrones nacionales del SNM/INDECOPI.

### 5. RESULTADOS

- 5.1. Inspección visua
- |                       |   |          |
|-----------------------|---|----------|
| - Marcas descriptivas | : | No tiene |
| - Ajuste de cero      | : | Tiene    |
| - Oscitación libre    | : | Tiene    |
| - Sistema de traba    | : | No Tiene |
| - Plataforma          | : | Tiene    |
| - Escala              | : | No tiene |
| - Cursor              | : | No tiene |
| - Nivelación          | : | Tiene    |

5.2. Los ensayos ejecutados se describen en las páginas siguientes.

### 6. INCERTIDUMBRE DE MEDICIÓN:

- Lectura corregida en uso: (valor de lectura) + 3.34E-05 x (valor de lectura)
- Para cualquier valor de lectura  $U_R = 2 \times \text{raiz}[ 4.08E-01 + 3.7E-10 \times (\text{valor de lectura})^2 ]$  g
- La Incertidumbre asociada a las mediciones ejecutadas se ha calculado con un factor de cobertura  $K=2$  para un nivel de confianza de 95%.

### 7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES:

- Los tres ensayos se encuentran dentro de los límites permitidos.
- La periodicidad de las calibraciones está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición.



**GEOGRAM**  
INGENIERIA S.A.C.

Juan F Ramírez Mendieta  
GERENTE GENERAL



**SM-653-2016**

Página : 2 de 3

**5.2.1 Ensayo de repetibilidad:**

Medición Nº	Carga L <sub>1</sub> = 15000 g			Carga L <sub>2</sub> = 30000 g		
	I (g)	ΔL (g)	E (g)	I (g)	ΔL (g)	E (g)
	1	15 000	0,8	-0,3	30 000	0,8
2	15 000	0,8	-0,3	30 000	0,8	-0,3
3	15 000	0,8	-0,3	30 000	0,8	-0,3
4	15 000	0,8	-0,3	30 000	0,8	-0,3
5	15 000	0,8	-0,3	30 000	0,8	-0,3
6	15 000	0,8	-0,3	30 000	0,8	-0,3
7	15 000	0,8	-0,3	30 000	0,8	-0,3
8	15 000	0,8	-0,3	30 000	0,8	-0,3
9	15 000	0,8	-0,3	30 000	0,8	-0,3
10	15 000	0,8	-0,3	30 000	0,8	-0,3

**5.2.2 Ensayo de excentricidad:**

Posic. de la carga	Determinación de E <sub>0</sub>			Determinación del error corregido E <sub>c</sub>			
	Carga Mínima* = 5,0 g			Carga L = 5000,0 g			
	I (g)	ΔL (g)	E <sub>0</sub> (g)	I (g)	ΔL (g)	E (g)	E <sub>c</sub> (g)
1	10	0,30	0,7	10 000	0,70	0,2	0,0
2	10	0,30	0,7	10 000	0,70	0,2	0,0
3	10	0,30	0,7	10 000	0,70	0,2	0,0
4	10	0,30	0,7	10 000	0,70	0,2	0,0
5	10	0,30	0,7	10 000	0,70	0,2	0,0

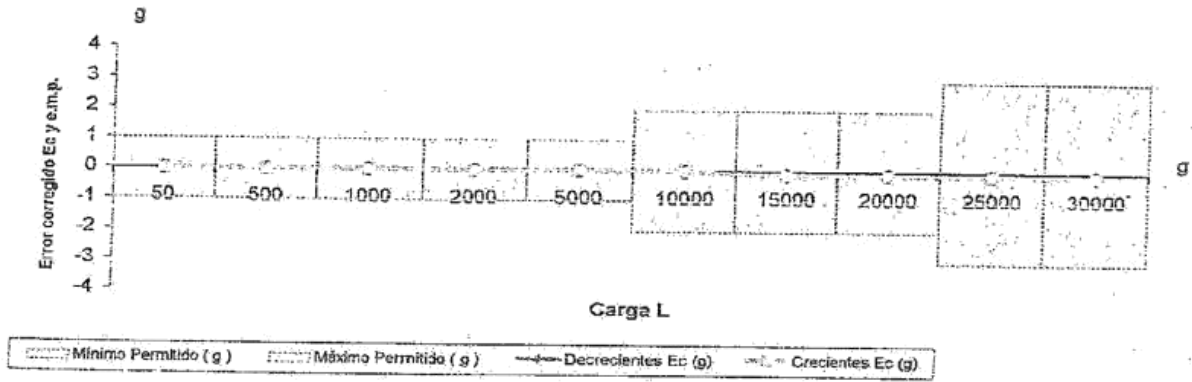
\* Valor entre 0 y 10d

**5.2.3 Ensayo de pesaje:**

Carga L g	Crecientes				Decreciente				Histéresis g	EMP g
	I g	ΔL g	E g	E <sub>c</sub> g	I g	ΔL g	E g	E <sub>c</sub> g		
	10	10	0,7	-0,2	0,0	10	0,7	-0,2		
50	50	0,7	-0,2	0,0	50	0,7	-0,2	0,0	0,0	1,0
500	500	0,7	-0,2	0,0	500	0,7	-0,2	0,0	0,0	1,0
1000	1000	0,7	-0,2	0,0	1000	0,7	-0,2	0,0	0,0	1,0
2000	2000	0,7	-0,2	0,0	2000	0,7	-0,2	0,0	0,0	1,0
5000	5000	0,7	-0,2	0,0	5000	0,7	-0,2	0,0	0,0	1,0
10000	10000	0,7	-0,2	0,0	10000	0,7	-0,2	0,0	0,0	2,0
15000	15000	0,8	-0,3	-0,1	15000	0,8	-0,3	-0,1	0,0	2,0
20000	20000	0,8	-0,3	-0,1	20000	0,8	-0,3	-0,1	0,0	2,0
25000	25000	0,8	-0,3	-0,1	25000	0,8	-0,3	-0,1	0,0	3,0
30000	30000	0,8	-0,3	-0,1	30000	0,8	-0,3	-0,1	0,0	3,0

**SM-653-2016**

5.2.4 Gráfica de resultados:





Consecutivo: CFM-002-2016

Pág. 1 de 6

2016/09/27

## CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

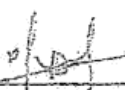
**Solicitante** : INGENIEROS CONSULTEC H.R S.A.C.  
**Dirección** : JR. LOS ROSALES N° 225 EL TAMBO - HUANCAYO  
**Objeto de prueba** : CORTE DIRECTO - CAMARA HUMEDA  
**Rangos Máximo** :  
**Dirección de carga** : Ascendente  
**Fabricante** : PINZUAR LTDA.  
**Modelo / Serie** : PS - 28 / 165  
**Anillo De Carga** : PINZUAR LTDA. (10077)  
**Reloj Comparador** : Análogo "BAKER" (THE621)  
**Código Identificación** : NO INDICA  
**Método de calibración** : ASTM E 4  
**Inspección general** : La máquina se encuentra en buen estado de Funcionamiento.  
**Fecha de calibración** : 2016/09/27

Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales, que realizan las unidades de medida de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

Con el fin de asegurar la calidad de sus mediciones el usuario está obligado a recalibrar sus instrumentos a intervalos apropiados

Este Certificado de calibración solo puede ser difundido completamente y sin modificaciones. Los Extractos o modificaciones requieren la autorización de METROTEST EIRL.



  
 Jimmy Montano R.  
 Jefe de Metrología



# Metrotest

LABORATORIO DE METROLOGÍA

Consecutivo: CFM-002-2016

Pág. 2 de 6

2016/09/27

## CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

➤ **Método de Calibración**

Método de comparación tomando como referencia la Norma ASTM E4 "Practices for Force Verification of Testing Machines"

➤ **Lugar de Calibración**

Lab Fuerza De Metrotest E.I.R.L.

➤ **Condiciones Ambientales**

	Inicial	Final
Temperatura	22,0 °C	21,7 °C


➤ **Patrones de referencia**

TRAZABILIDAD	PATRON UTILIZADO	CERTIFICADO DE CALIBRACION
METROTEST	CELDA DE CARGA Incertidumbre $\pm 0.061$ %	CFM-020-2013
SNM / INDECOPI	CRONOMETRO	LTF-083-2013
SNM / INDECOPI	RELOJ COMPARADOR	LLA-C-049-2013

➤ **Observaciones**

Con fines de identificación se ha colocado una etiqueta autoadhesiva de color amarillo METROTEST EIRL



  
Jimmy Montano R.  
Jefe de Metrología



# Metrotest

LABORATORIO DE METROLOGÍA

Consecutivo: CFM-002-2016

Pág. 3 de 6

2016/09/27

➤ Resultados de Calibración:

Lectura Unidades	Lecturas (kgf)			Promedio	Repetibilidad
	L <sub>1</sub>	L <sub>2</sub>	L <sub>3</sub>		
0	0	0	0	0	0
100	35.86	36.00	35.89	35.9	0.39
200	71.72	71.69	71.89	71.8	0.28
310	107.48	106.56	106.87	107.0	0.86
400	142.25	141.64	141.64	141.8	0.43
500	176.72	176.11	176.11	176.3	0.35
590	211.08	210.78	210.98	210.9	0.14
680	245.04	244.63	244.83	244.8	0.17
770	278.69	278.38	278.59	278.6	0.11

- Se Calibro hasta Aproximadamente el 100% de su capacidad nominal
- Ecuación de ajuste:

$$\bullet \text{ Carga (kgf)} = A_0 + A_1 * X + A_2 * X^2 + A_3 * X^3$$

- Donde:

- A<sub>0</sub> = 0.0327
- A<sub>1</sub> = 0.33742
- A<sub>2</sub> = 0.00002254
- A<sub>3</sub> = 0.00000001201
- X = Lectura del Dial, como numero de divisiones



Jimmy Montano R.  
Jefe de Metrología



Consecutivo: CFM-002-2016

Pág. 4 de 6

2016/09/27

Lectura	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
100	34.01	34.35	34.70	35.04	35.38	35.72	36.07	36.41	36.75	37.09
110	37.44	37.78	38.12	38.47	38.81	39.15	39.50	39.84	40.18	40.53
120	40.87	41.21	41.56	41.90	42.24	42.59	42.93	43.27	43.62	43.96
130	44.30	44.65	44.99	45.34	45.68	46.02	46.37	46.71	47.06	47.40
140	47.75	48.09	48.44	48.78	49.12	49.47	49.81	50.16	50.50	50.85
150	51.19	51.54	51.88	52.23	52.57	52.92	53.26	53.61	53.96	54.30
160	54.65	54.99	55.34	55.68	56.03	56.37	56.72	57.07	57.41	57.76
170	58.10	58.45	58.80	59.14	59.49	59.84	60.18	60.53	60.88	61.22
180	61.57	61.92	62.26	62.61	62.96	63.30	63.65	64.00	64.34	64.69
190	65.04	65.39	65.73	66.08	66.43	66.78	67.12	67.47	67.82	68.17
200	68.51	68.86	69.21	69.56	69.91	70.25	70.60	70.95	71.30	71.65
210	72.00	72.34	72.69	73.04	73.39	73.74	74.09	74.44	74.79	75.13
220	75.48	75.83	76.18	76.53	76.88	77.23	77.58	77.93	78.28	78.63
230	78.98	79.33	79.68	80.03	80.38	80.73	81.08	81.43	81.78	82.13
240	82.48	82.83	83.18	83.53	83.88	84.23	84.58	84.93	85.28	85.63
250	85.98	86.34	86.69	87.04	87.39	87.74	88.09	88.44	88.79	89.15
260	89.50	89.85	90.20	90.55	90.90	91.26	91.61	91.96	92.31	92.66
270	93.02	93.37	93.72	94.07	94.43	94.78	95.13	95.48	95.84	96.19
280	96.54	96.89	97.25	97.60	97.95	98.31	98.66	99.01	99.37	99.72
290	100.07	100.43	100.78	101.13	101.49	101.84	102.20	102.55	102.90	103.26
300	103.61	103.97	104.32	104.67	105.03	105.38	105.74	106.09	106.45	106.80
310	107.16	107.51	107.87	108.22	108.58	108.93	109.29	109.64	110.00	110.35
320	110.71	111.06	111.42	111.78	112.13	112.49	112.84	113.20	113.56	113.91
330	114.27	114.62	114.98	115.34	115.69	116.05	116.41	116.76	117.12	117.48
340	117.83	118.19	118.55	118.90	119.26	119.62	119.98	120.33	120.69	121.05
350	121.41	121.76	122.12	122.48	122.84	123.19	123.55	123.91	124.27	124.63
360	124.99	125.34	125.70	126.06	126.42	126.78	127.14	127.50	127.85	128.21
370	128.57	128.93	129.29	129.65	130.01	130.37	130.73	131.09	131.45	131.81
380	132.17	132.53	132.89	133.25	133.61	133.97	134.33	134.69	135.05	135.41
390	135.77	136.13	136.49	136.85	137.21	137.57	137.93	138.29	138.65	139.01
400	139.38	139.74	140.10	140.46	140.82	141.18	141.54	141.91	142.27	142.63
410	142.98	143.35	143.72	144.08	144.44	144.80	145.16	145.53	145.89	146.25
420	146.61	146.98	147.34	147.70	148.07	148.43	148.79	149.16	149.52	149.88
430	150.25	150.61	150.97	151.34	151.70	152.06	152.43	152.79	153.16	153.52
440	153.88	154.25	154.61	154.98	155.34	155.71	156.07	156.44	156.80	157.17
450	157.53	157.90	158.26	158.63	158.99	159.36	159.72	160.09	160.45	160.82
460	161.18	161.55	161.92	162.28	162.65	163.01	163.38	163.75	164.11	164.48
470	164.85	165.21	165.58	165.95	166.31	166.68	167.05	167.41	167.78	168.15
480	168.52	168.88	169.25	169.62	169.99	170.35	170.72	171.09	171.46	171.83
490	172.19	172.56	172.93	173.30	173.67	174.04	174.40	174.77	175.14	175.51



Jimmy Montano R.  
Jefe de Metrología

**Medición en mm / minuto**

Rango: Alto


Posición del dial	Lectura 1 mm / min	Lectura 2 mm / min	Lectura 3 mm / min	Promedio mm / min
0	0.000	0.000	0.000	0.000
2	0.155	0.154	0.155	0.1547
4	0.459	0.460	0.459	0.4593
6	0.784	0.783	0.784	0.7837
8	1.149	1.150	1.149	1.1493
10	1.490	1.489	1.490	1.4897

**Medición en Pulgadas / minuto**

Rango: Alto

Posición del dial	Lectura 1 pulg / min	Lectura 2 pulg / min	Lectura 3 pulg / min	Promedio pulg / min
0	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
2	0.0061	0.0061	0.0062	0.0061
4	0.0181	0.0181	0.0182	0.0181
6	0.0309	0.0309	0.3080	0.1233
8	0.0452	0.0452	0.0451	0.0452
10	0.0587	0.0587	0.0586	0.0587



  
 Jimmy Montano R.  
 Jefe de Metrología



## TRAZABILIDAD

La empresa METROTEST E.I.R.L, asegura el mantenimiento y la trazabilidad de los patrones de trabajo utilizados en las mediciones, los cuales han sido ajustados y contrastado con un marco de carga calibrado por PINZUAR LTDA. La cual cuenta con una trazabilidad de la Sociedad De Industria y Comercio en Colombia.

## OBSERVACIONES.

1. Los informes de calibración sin las firmas no tienen validez.
2. El usuario es responsable de la recalibración de los instrumentos de medición. "El tiempo entre dos verificaciones depende del tipo de máquina de ensayo, de la norma de mantenimiento y de la frecuencia de uso. A menos que se especifique lo contrario, se recomienda que se realicen verificaciones a intervalos no mayores a 12 meses." (ISO 7500-1)
3. "En cualquier caso, la máquina debe verificarse si se realiza un cambio de ubicación que requiera desmontaje, o si se somete a ajustes o reparaciones importantes." (ISO 7500-1)
4. Este informe expresa fielmente el resultado de las mediciones realizadas No podrá ser reproducido parcialmente, excepto cuando se haya obtenido permiso previamente por escrito del laboratorio que lo emite.
5. Los resultados contenidos parcialmente en este informe se refieren al momento y condiciones en que se realizaron las mediciones. El laboratorio que lo emite no se responsabiliza de los perjuicios que puedan derivarse del uso inadecuado de los instrumentos.

## FIRMAS AUTORIZADAS



Jimmy Montano R.  
Jefe de Metrología





## REGISTRO DE EXCAVACION - PERFIL ESTRATIGRAFICO

ASTM D2488 - 09a Práctica estándar para la descripción e identificación de los suelos (Procedimiento Visual-Manual)

PETICIONARIO : BACH. HUARACA RAMOS, ANIBAL  
 ATENCION : UNIVERSIDAD PERUANA "LOS ANDES"  
 PROYECTO : ANÁLISIS COMPARATIVO APLICANDO EL SOFTWARE  
ROBOT STRUCTURAL ANALYSIS Y ETABS PARA  
EVALUAR EL COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL DE  
VIVIENDAS AUTOCONSTRUIDAS  
 UBICACIÓN : PUCARA - HUANCAYO - JUNIN

EXCAVACION : Manual ; C-1  
 NIVEL FREATICO : No se encontro  
 TAMAÑO EXCAV. : 3.00 m  
 FECHA DE EXCAV. : 16/10/2017  
 REGISTRADO POR : R.M.E.  
 REVISADO POR : I.P.S.L.

PROFUNDIDAD (m)	CLASIFICACION		CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	PESO VOLUMETRICO (g/cm3)	DESCRIPCION Y CLASIFICACION DEL MATERIAL : COLOR, HUMEDAD NATURAL, PLASTICIDAD, ESTADO NATURAL DE COMPACTACION, FORMA DE LAS PARTICULAS, TAMAÑO MAXIMO DE PIEDRAS, PRESENCIA DE MATERIA ORGANICA, ETC.
	SIMBOLOS	GRAFICO			
0.20	Re				Suelo vegetal, predomina arena arcillosa con raices, pedras aisladas subredondeadas en un 10% aproximadamente, color negro.
0.50	GM-GC		8.58	1.5	Grava arcillosa, gravas subangulosas aisladas de 3/8" en un 10% aproximadamente, cementacion fuerte, boloneria de 3" en un 5% aproximadamente.
2.00					
3.00					

### IDENTIFICACION DE MUESTRAS

Re: Material de relleno  
 S/M: Sin muestra  
 M-1: Muestra alterada N°1

### NOTA:

Calicata N°01 - Excavacion a cielo abierto

### OBSERVACIONES:

Muestra seleccionadas e identificadas en campo

El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del laboratorio, salvo que la reproduccion sea en su totalidad.  
 (GUIA PERUANA INDECOPI: GP004: 1993)

Tec. Raúl Martínez Esteban  
 TFC. SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO  
 INGENIERO CONSULTEC HR SAC

Juan P. Suasnabar Lopez  
 INGENIERO CIVIL  
 SIP: 172047

LEM: N° 018410



**INFORME N° 0612- 0017/GEOLEM**

Peticionario	:	BACH. HUARACA RAMOS, ANIBAL
Atencion	:	UNIVERSIDAD PERUANA "LOS ANDES"
Tesis	:	ANÁLISIS COMPARATIVO APLICANDO EL SOFTWARE ROBOT STRUCTURAL ANALYSIS Y ETABS PARA EVALUAR EL COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL DE VIVIENDAS AUTOCONSTRUIDAS
Lugar de la Obra	:	PUCARA-HUANCAYO-JUNIN
Fecha de recepción	:	16 DE OCTUBRE DEL 2017
Fecha de emisión	:	21 DE OCTUBRE DEL 2017

**ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO ASTM D422**

CALICATA N°	C-01
MUESTRA N°	M-01
PROFUNDIDAD	3.00 mts
<b>TAMIZ</b>	<b>% QUE PASA</b>
3"	100.0
2 1/2"	100.0
2"	100.0
1 1/2"	77.2
1"	69.0
3/4"	57.4
1/2"	52.7
3/8"	46.7
N°4	43.7
N°10	35.3
N°20	28.0
N°40	23.0
N°60	19.2
N°140	14.2
N°200	13.1

**LIMITES DE CONSISTENCIA ASTM D4318**

% LIMITE LIQUIDO	24.1
% LIMITE PLASTICO	17.3
% INDICE PLASTICO	6.8

**CLASIFICACION DE SUELOS**

CLASIF. SUCS	GC-GM
CLASIF. AASHTO	A-2-4 (0)

**OBSERVACION :** Muestras remitidas por el peticionario.

EL PRESENTE DOCUMENTO NO DEBERÁ REPRODUCIRSE SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL LABORATORIO, SALVO QUE LA REPRODUCCIÓN SEA EN SU TOTALIDAD (GUÍA PERUANA INDECOPI: GP:004: 1993)

**Tec. Raúl Martínez Estéban**  
 T.C. SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO  
 INGENIERO CONSULTEC HR SAC

**JUAN P. SUASMABAR LOPEZ**  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP 172047

LEM: N° 018412



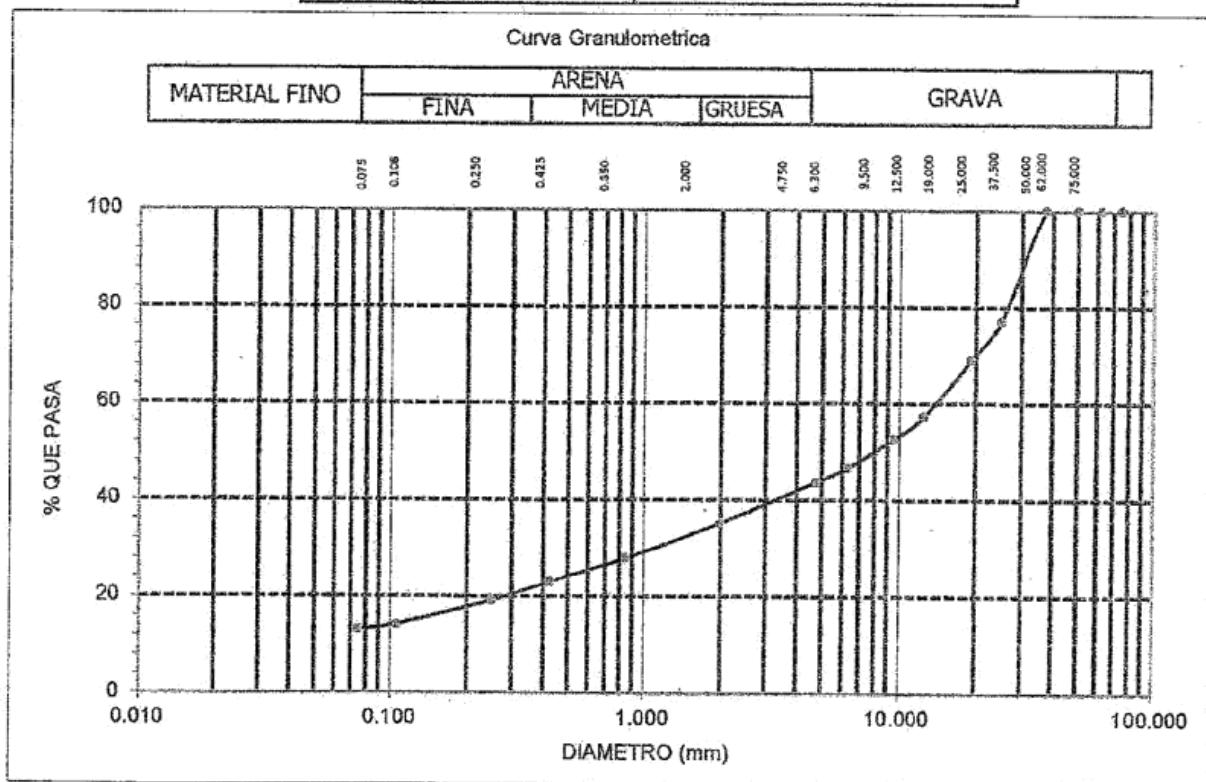
- ◆ Elaboración de Proyectos
- ◆ Ejecución y Supervisión de Obras
- ◆ Estudio de Mecánica de Suelo
- ◆ Alquiler de Equipos de Construcción

**INFORME N° 0612- 0017/GEOLEM**

Peticionario	: BACH. HUARACA RAMOS, ANIBAL
Atencion	: UNIVERSIDAD PERUANA "LOS ANDES"
Tesis	: ANÁLISIS COMPARATIVO APLICANDO EL SOFTWARE ROBOT STRUCTURAL ANALYSIS Y ETABS PARA EVALUAR EL COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL DE VIVIENDAS AUTOCONSTRUIDAS
Lugar de la Obra	: EL TAMBO-HUANCAYO-JUNIN
Fecha de recepción	: 16 DE OCTUBRE DEL 2017
Fecha de emisión	: 21 DE OCTUBRE DEL 2017

CALICATA N°	C-01
PROFUNDIDAD N°	3.00 mts

Pag. 02 de 02



**OBSERVACION :** Muestra provista e identificada por el peticionario.

EL PRESENTE DOCUMENTO NO DEBERÁ REPRODUCIRSE SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL LABORATORIO, SALVO QUE LA REPRODUCCIÓN SEA EN SU TOTALIDAD (GUÍA PERUANA INDECOPI: GP:004: 1993)

*Tec. Raúl Martínez Esteban*  
 Ing. en SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO  
 INGENIEROS CONSULTEC HR SAC.

*Alan P. Suasnabar Lopez*  
 INGENIERO CIVIL  
 N° 172047

LEM: N° 018411



- ◆ Elaboración de Proyectos
- ◆ Ejecución y Supervisión de Obras
- ◆ Estudio de Mecánica de Suelo
- ◆ Alquiler de Equipos de Construcción

**INFORME N° 0614- 0017/GEOLEM**

SOLICITANTE	BACH. HUARACA RAMOS, ANIBAL
ATENCION	UNIVERSIDAD PERUANA "LOS ANDES"
TESIS	ANÁLISIS COMPARATIVO APLICANDO EL SOFTWARE ROBOT STRUCTURAL ANALYSIS Y ETABS PARA EVALUAR EL COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL DE VIVIENDAS AUTOCONSTRUIDAS
UBICACIÓN	PUCARA-HUANCAYO-JUNIN
FECHA DE RECEPCION	16 de octubre del 2017
FECHA DE EMISION	21 de octubre del 2017

**ENSAYO DE DENSIDAD NATURAL - CONTROL DEL GRADO DE COMPACTACION  
NTP 339.143 / ASTM D 1556**

PALTARUMY - DENSIDAD N°		C-1
1, Peso del frasco + arena	g.	6020
2, Peso del frasco + arena que queda	g.	2020
3, Peso de la arena empleada (1) - (2)	g.	4000
4, Peso de arena en el cono	g.	1477
5, Peso de arena en excavacion (3) - (4)	g.	2523
6, Densidad de la arena	gr/cm3	1.42
7, Volumen del material extraido (5) / (6)	cm3	1777
8, Peso del recip. + suelo + grava	g.	3350
9, Peso del recipiente	g.	5
10, Peso del suelo + grava (8) - (9)	g.	2987
11, Peso retenido en el tamiz .....		245
12, Peso especifico de grava	gr /cm3	2.63
13, Volumen de grava (11) / (12)	cm3	93
14, Peso de finos (10) - (11)	g.	2742
15, Volumen de finos (7) - (13)	cm3	1684
16, Densidad humeda (14) / (15)	gr / cm3	1.629

Prof. 3.00m

**CONTENIDO DE HUMEDAD NATURAL ASTM D2216**

17, N° de recipiente		T
18, Peso del recipiente + suelo seco	g.	690.5
19, Peso del recipiente + suelo seco	g.	640.7
20, Peso del agua (18) - (19)	g.	49.8
21, Peso del recipiente		60.5
22, Peso del suelo seco (19) - (21)	g.	580.2
23, Contenido de humedad (20) / (22) * 100 %		8.58
24, Dens. del suelo seco (16)/[1+(23)/100]	gr/cm3	1.500

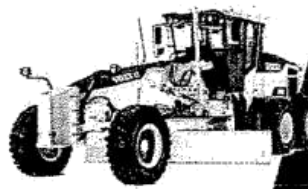
**OBSERVACION :** Muestras remitidas por el peticionario.

EL PRESENTE DOCUMENTO NO DEBERÁ REPRODUCIRSE SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL LABORATORIO, SALVO QUE LA REPRODUCCIÓN SEA EN SU TOTALIDAD (GUÍA PERUANA INDECOPI: GP:004: 1993)

*Tec. Raúl Martínez Esteban*  
T.C. SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO  
INGENIEROS CONSULTEC HR SAC

*Juan P. Suasnabar Lopez*  
INGENIERO CIVIL  
CIP 172047

LEM: N° 018415



- ◆ Elaboración de Proyectos
- ◆ Ejecución y Supervisión de Obras
- ◆ Estudio de Mecánica de Suelo
- ◆ Alquiler de Equipos de Construcción

### ANALISIS DE CAPACIDAD ADMISIBLE

PETICIONARIO: BACH. HUARACA RAMOS, ANIBAL

TESIS: ANALISIS COMPARATIVO APLICANDO EL SOFTWARE ROBOT STRUCTURAL ANALYSIS Y ETABS PARA EVALUAR EL COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL DE VIVIENDAS AUTOCONSTRUIDAS

FECHA : 21 de octubre del 2017

N° DE MUESTRA : M-1

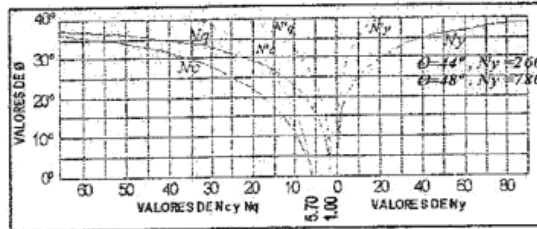
N° DE CALICATA : C-1

CLASIFICACION SUCS: GM-GC

Peso Especifico  $\gamma_m$  1.50 gr/cm<sup>3</sup>

Angulo de Friccion  $\phi$  32.76°

Cohesion C 0.071 Kg/cm<sup>2</sup>

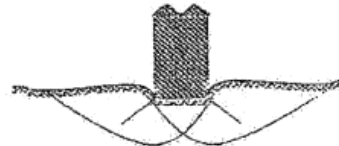


Según Terzagui

Capacidad de Carga Ultima para Cimentaciones Cuadradas

qc = Capacidad de Carga Ultima  
qd = Capacidad Admisible

$$q_c = \frac{2}{3} c N'_c + \gamma D_f N'_q + \frac{1}{2} \gamma B N'_y$$



### CALCULO DE CAPACIDAD DE CARGAS PARA DIFERENTES ALTURAS DE CIMENTACION

#### TIPO DE FALLA LOCAL PARA CIMENTOS CORRIDOS

P. ESPECIFICO (Kg/cm <sup>3</sup> )	Ø	Ø'	C kg/cm <sup>2</sup>	C'	N' <sub>c</sub>	N' <sub>q</sub>	N' <sub>y</sub>	Sc	Sq	Sy	F.S.
0.0015	32.76	23.2	0.071	0.05	21.75	10.23	6	1	1	1	3.5

#### TIPO DE FALLA LOCAL PARA ZAPATA CUADRADA

P. ESPECIFICO (Kg/cm <sup>3</sup> )	Ø	Ø'	C kg/cm <sup>2</sup>	C'	N' <sub>c</sub>	N' <sub>q</sub>	N' <sub>y</sub>	Sc	Sq	Sy	F.S.
0.0015	32.76	23.2	0.071	0.05	21.75	10.23	6	1.47	1.43	0.6	3.5

#### CIMIENTO CORRIDO

Base (cm)	Prof. (cm)	qc (kg/cm <sup>2</sup> )	qd (kg/cm <sup>2</sup> )
60	80	2.53	0.72
60	90	2.68	0.77
60	100	2.83	0.81
60	110	2.99	0.85
60	120	3.14	0.90
60	130	3.29	0.94
60	140	3.45	0.99
80	80	2.62	0.75
80	90	2.77	0.79
80	100	2.92	0.84
80	110	3.08	0.88
80	120	3.23	0.92
80	130	3.38	0.97
80	140	3.54	1.01
100	80	2.71	0.77
100	90	2.86	0.82
100	100	3.01	0.86
100	110	3.17	0.90
100	120	3.32	0.95
100	130	3.47	0.99
100	140	3.63	1.04
120	80	2.80	0.80
120	90	2.95	0.84
120	100	3.10	0.89
120	110	3.26	0.93
120	120	3.41	0.97

#### ZAPATA CUADRADA

Base (cm)	Prof. (cm)	qc (kg/cm <sup>2</sup> )	qd (kg/cm <sup>2</sup> )
100	50	2.88	0.82
100	60	3.10	0.89
100	70	3.32	0.95
100	80	3.54	1.01
100	90	3.76	1.07
100	100	3.98	1.14
100	110	4.20	1.20
100	120	4.42	1.26
100	130	4.63	1.32
100	140	4.85	1.39
100	150	5.07	1.45
100	160	5.29	1.51
100	170	5.51	1.57
100	180	5.73	1.64
100	190	5.95	1.70
100	200	6.17	1.76
100	210	6.39	1.83
100	220	6.61	1.89
100	230	6.83	1.95
100	240	7.05	2.01
100	250	7.27	2.08
100	260	7.48	2.14
100	270	7.70	2.20
100	280	7.92	2.26
100	290	8.14	2.33
100	300	8.36	2.39

Ing. Raúl Martínez Estéban  
C. SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO  
INGENIEROS CONSULTEC HR SAC

TUAN S. SUASABAR LOPEZ  
INGENIERO CIVIL  
CIP 172047

LEM: N° 018416



- ◆ Elaboración de Proyectos
- ◆ Ejecución y Supervisión de Obras
- ◆ Estudio de Mecánica de Suelo
- ◆ Alquiler de Equipos de Construcción

### INFORME N° 0615- 0017/GEOLEM

Peticionario	BACH. HUARACA RAMOS, ANIBAL
Atención	UNIVERSIDAD PERUANA "LOS ANDES"
Tesis	ANÁLISIS COMPARATIVO APLICANDO EL SOFTWARE ROBOT STRUCTURAL ANALYSIS Y ETABS PARA EVALUAR EL COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL DE VIVIENDAS AUTOCONSTRUIDAS
Fecha de recepción	16 de octubre del 2017
Fecha de emisión	21 de octubre del 2017

### CORTE DIRECTO NTP 339,171 - ASTM D3080

Esfuerzo Nomral (kg/cm2)	1	2	4
Altura (cm)	2.00	2.00	2.00
Diámetro (cm)	6.00	6.00	6.00
Cont. Humedad (%)	8.58	8.58	8.58
Densidad Seca (g/cm3)	1.500	1.500	1.500
Velocidad (mm/min)	0.25	0.25	0.25
Estado	Remoldeado	Remoldeado	Remoldeado

C-01; Prof. 3.00 m

Angulo de Fricción Interna (°)	32.76
--------------------------------	-------

Cohesión (kg/cm2)	0.07
-------------------	------

Deformación (%)	1 Kg		2 Kg			4 Kg		
	Esf. Corte	Esf. Norma.	Deformación (%)	Esf. Corte	Esf. Norma.	Deformación (%)	Esf. Corte	Esf. Norma.
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.05	0.45	0.43	0.05	0.55	0.39	0.05	1.20	0.28
0.10	0.47	0.56	0.10	0.60	0.45	0.10	1.25	0.32
0.20	0.48	0.64	0.20	0.64	0.50	0.20	1.40	0.36
0.35	0.50	0.74	0.35	0.63	0.55	0.35	1.45	0.41
0.50	0.52	0.80	0.50	0.64	0.58	0.50	1.50	0.45
0.75	0.54	0.85	0.75	0.68	0.62	0.75	1.51	0.51
1.00	0.55	0.87	1.00	0.69	0.65	1.00	1.53	0.54
1.25	0.57	0.87	1.25	0.69	0.66	1.25	1.54	0.57
1.50	0.59	0.86	1.50	0.69	0.68	1.50	1.55	0.59
1.75	0.61	0.84	1.75	0.69	0.68	1.75	1.55	0.59
2.00	0.62	0.82	2.00	0.71	0.69	2.00	1.60	0.60
2.50	0.60	0.79	2.50	0.71	0.70	2.50	1.62	0.62
3.00	0.59	0.76	3.00	0.75	0.70	3.00	1.46	0.64
3.50	0.59	0.74	3.50	0.78	0.71	3.50	1.52	0.66
4.00	0.58	0.73	4.00	0.78	0.72	4.00	1.56	0.67
4.50	0.57	0.72	4.50	0.92	0.72	4.50	1.56	0.67
5.00	0.58	0.71	5.00	0.93	0.72	5.00	1.58	0.68
6.00	0.59	0.68	6.00	0.97	0.71	6.00	1.60	0.68
7.00	0.56	0.66	7.00	0.98	0.69	7.00	1.65	0.68
8.00	0.57	0.64	8.00	0.99	0.69	8.00	1.68	0.68
9.00	0.59	0.63	9.00	1.00	0.69	9.00	1.66	0.68
10.00	0.58	0.63	10.00	1.02	0.68	10.00	1.98	0.68
11.00	0.57	0.63	11.00	1.04	0.68	11.00	1.99	0.68
12.00	0.59	0.63	12.00	1.05	0.68	12.00	1.66	0.68

\* El suelo extraído presentaba abundante raíces el color variaba de negro a pardo oscuro y marrón.

\* EL PRESENTE DOCUMENTO NO DEBERÁ REPRODUCIRSE SIN LA AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL LABORATORIO, SALVO QUE LA REPRODUCCIÓN SEA EN SU TOTALIDAD.

\* LOS RESULTADOS PRESENTADOS CORRESPONDEN A LA MUESTRA ENAYADA, EL LABORATORIO NO SE HACE RESPONSABLE POR EL MAL USO DE LOS MISMOS.

*Raúl Martínez Esobit*  
 RAÚL MARTÍNEZ ESOBIT  
 INGENIERO CIVIL  
 CONSULTEC HR SAC

*[Signature]*  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP 172047

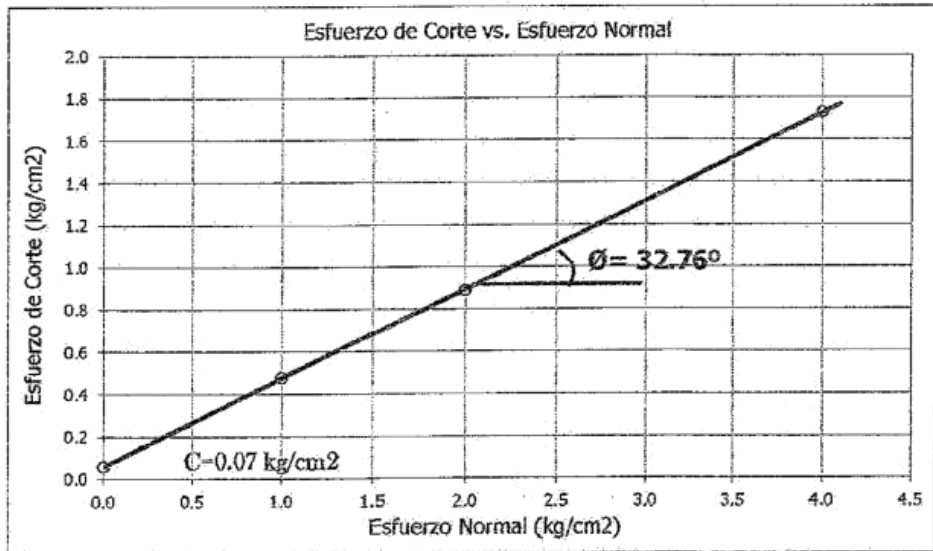
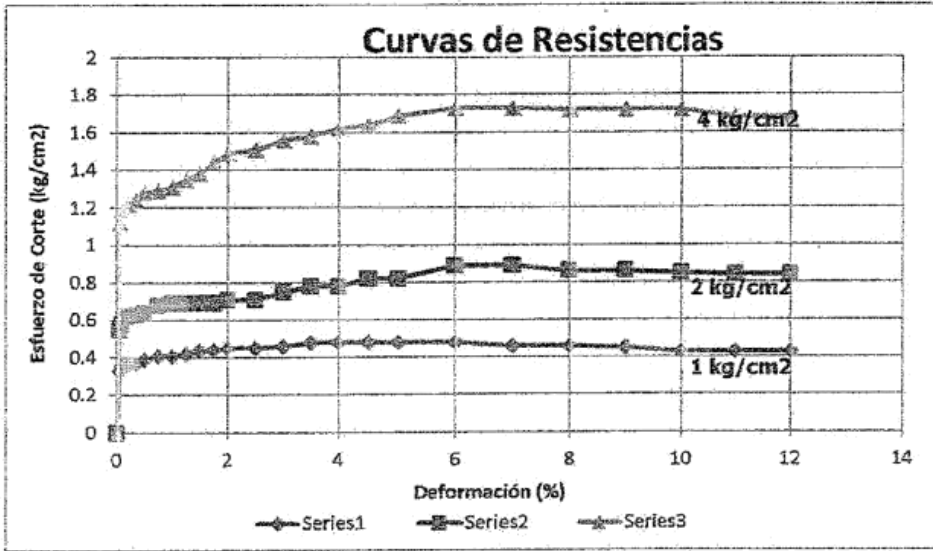
LEM: N° 018414



- ### Obras Civiles
- ◆ Elaboración de Proyectos
  - ◆ Ejecución y Supervisión de Obras
  - ◆ Estudio de Mecánica de Suelo
  - ◆ Alquiler de Equipos de Construcción

## INFORME N° 0616-0017/GEOLEM

Peticionario	BACH. HUARACA RAMOS, ANIBAL.
Atención	UNIVERSIDAD PERUANA "LOS ANDES"
Tesis	ANÁLISIS COMPARATIVO APLICANDO EL SOFTWARE ROBOT STRUCTURAL ANALYSIS Y ETABS PARA EVALUAR EL COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL DE VIVIENDAS AUTOCONSTRUIDAS
Fecha de recepción	16 de octubre del 2017
Fecha de emisión	21 de octubre del 2017



\* EL PRESENTE DOCUMENTO NO DEBERÁ REPRODUCIRSE SIN LA AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL LABORATORIO, SALVO QUE LA REPRODUCCIÓN SEA EN SU TOTALIDAD.  
 \* LOS RESULTADOS PRESENTADOS CORRESPONDEN A LA MUESTRA ENSAYADA, EL LABORATORIO NO SE HACE RESPONSABLE POR EL MAL USO DE LOS MISMOS.

*[Handwritten signature]*  
 Ing. SUELLO  
 INGENIERO

*[Handwritten signature]*  
 INGENIERO CIVIL  
 N° 172047

LEM: N° 018413



# OBRAS CIVILES

Estudio de Mecánica de Suelo.  
Elaboración de proyectos.  
Ejecución y Supervisión de Obras.  
Alquiler de Equipos de Construcción.  
Venta de Equipos de Construcción.

## LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES GEOMARCH LABORATORIO DE AGREGADOS Y CONCRETO

INFORME DE ENSAYO (PÁGINA 01 DE 02)

PETICIONARIO	: BACH. HUARACA RAMOS, ANIBAL
ATENCIÓN	: FACULTAD DE INGENIERIA - UNIVERSIDAD PERUANA "LOS ANDES"
TESIS	: ANÁLISIS COMPARATIVO APLICANDO EL SOFTWARE ROBOT STRUCTURAL ANALYSIS Y ETABS PARA EVALUAR EL COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL DE VIVIENDAS AUTOCONSTRUIDAS
UBICACIÓN	: PUCARA - HUANCAYO - JUNIN
FECHA DE RECEPCIÓN	: EL TAMBO, 18 DE SETIEMBRE DEL 2017
FECHA DE EMISIÓN	: EL TAMBO, 18 DE SETIEMBRE DEL 2017

Código	: NTP 339.181:2001
Título	: HORMIGÓN (CONCRETO). Método de ensayo para determinar el número de rebote del hormigón (concreto) endurecido (esclerometría)
Código	: ASTM C 805:2002
Título	: Standard Test Method for Rebound number of Hardened Concrete

### I.- RESULTADOS DE LOS REBOTES

OBSERVACIONES	REBOTE (U)			
	PTO. 1	PTO. 2		
Los ensayos de esclerometría fueron realizados el día 18 de Setiembre del 2017 en una columna y una viga.	30	30		
	28	28		
	31	29		
	28	30		
	30	28		
	31	29		
	28	26		
	28	28		
	29	26		
	26	28		
	28	29		
	27	29		
	29	27		
	28	28		
	29	29		
PROMEDIO (U)	29	28		
DESVIACIÓN TÍPICA (U)	1.40	1.22		
POSIBLE RESISTENCIA (KG/CM2)	218.00	207.00		
DENOMINACIÓN	COLUMNA DE CONCRETO	VIGA DE CONCRETO		
ÁNGULO DE REBOTE	ALFA = 0°	ALFA = 0°		

NOTA : LAS IDENTIFICACIONES SE BASARON DE ACUERDO A LAS INDICACIONES DEL PETICIONARIO

Tec. Raul Martinez Esteban  
MEC SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO

ING. CASABAR LOPEZ  
INGENIERO CIVIL  
CIP 172047

Van...///

LEM: N° 000258





# OBRAS CIVILES

Estudio de Mecánica de Suelo.  
Elaboración de proyectos.  
Ejecución y Supervisión de Obras.  
Alquiler de Equipos de Construcción.  
Venta de Equipos de Construcción.

Vienen...///

## LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES GEOMARCH LABORATORIO DE AGREGADOS Y CONCRETO

INFORME DE ENSAYO (PÁGINA 02 DE 02)

PETICIONARIO	: BACH. HUARACA RAMOS, ANIBAL
ATENCIÓN	: FACULTAD DE INGENIERIA - UNIVERSIDAD PERUANA "LOS ANDES"
TESIS	: ANÁLISIS COMPARATIVO APLICANDO EL SOFTWARE ROBOT STRUCTURAL ANALYSIS Y ETABS PARA EVALUAR EL COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL DE VIVIENDAS AUTOCONSTRUIDAS
UBICACIÓN	: PUCARA - HUANCAYO - JUNIN
FECHA DE RECEPCIÓN	: EL TAMBO, 18 DE SETIEMBRE DEL 2017
FECHA DE EMISIÓN	: EL TAMBO, 18 DE SETIEMBRE DEL 2017

### II. INFORMACIÓN COMPLEMENTARIA QUE EXIGE LA NTP 339.181:2001

SEGÚN LO INDICADO POR EL PETICIONARIO\*:

FECHA Y HORA DEL ENSAYO	16/04/2018 a las 15:55 p.m.
TIPO DE ESTRUCTURA/TAMAÑO	Columna y Viga de concreto
*PROPORCIONES DE MEZCLA	$f'c = 210\text{kg/cm}^2$
*TIPO DE AGREGADO GRUESO	agregado grueso sarandeado
*RESISTENCIA DEL DISEÑO ENSAYADO	218; 207
CARACTERÍSTICAS DE LA SUPERFICIE DEL ÁREA	columna y viga sin tarrajeo y listo para su ensayo
ALTURA DE LA SUPERFICIE SOBRE EL NIVEL DEL TERRENO	1,50m y 2,20m
*TIPO DE MATERIAL UTILIZADO EN ENCOFRADO	madera
*CONDICIÓN DE CURADO	seco al aire
TIPO DE EXPOSICIÓN AL AMBIENTE	seco al aire
TEMPERATURA DEL AIRE EN EL MOMENTO DEL ENSAYO	15° C
ORIENTACIÓN DEL MARTILLO	0°
COMENTARIOS	-
*EDAD DEL HORMIGÓN	-

### III.- DEL ESCLERÓMETRO

MARCA	: ESCLERÓMETRO SCHMIDT TIPO N-34
MODELO	: H-2975
No. DE SERIE	: 131289
CALIBRADO CON YUNQUE	: ELE SOILTEST - REBOTE : 79 +- 2

### IV.- IMPACTOS REALIZADOS: ALFA = 0°

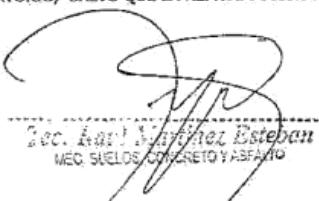
### V.- NOTAS


EL ENSAYO DE ESCLEROMETRÍA ES UNA PRUEBA COMPARATIVA PARA DETERMINAR LA UNIFORMIDAD DEL CONCRETO COLOCADO EN OBRA Y NO DEBERÁ SER UTILIZADO PARA LA ACEPTACIÓN DEL NIVEL DE CALIDAD DEL CONCRETO.

### VI.- OBSERVACIONES

LA UBICACIÓN Y DENOMINACIÓN DE LOS PUNTOS FUERON DETERMINADOS POR EL PETICIONARIO.

EL PRESENTE DOCUMENTO NO DEBERÁ REPRODUCIRSE SIN LA AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL LABORATORIO, SALVO QUE LA REPRODUCCIÓN SEA EN SU TOTALIDAD. GUIA PERUANA INDECOPI:GP 004: 1993).

  
Tec. Anal. Martínez Esteban  
MEC. SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO

  
Ing. Quisnabar Lopez  
INGENIERO CIVIL  
DIP 172047

LEM: N° 000257

Calle Los Rosales N° 255 - El Tambo - Huancayo (entre Julio Sumar y Rosales)

Cell/BPM: (+) 988 008 215 / (+) 988 028 369 / (+) 988 008 217 / GMAIL: GEM@GEOMARCH.COM

**ANEXO N° 06: PANEL FOTOGRÁFICO**



Fotografía 1. Fachada de la vivienda de albañilería analizado con ambos softwares.



Fotografía 2. Vista lateral de la vivienda de albañilería analizado con ambos softwares.



Fotografía 3. Abandono del proceso constructivo y deterioro de los materiales.



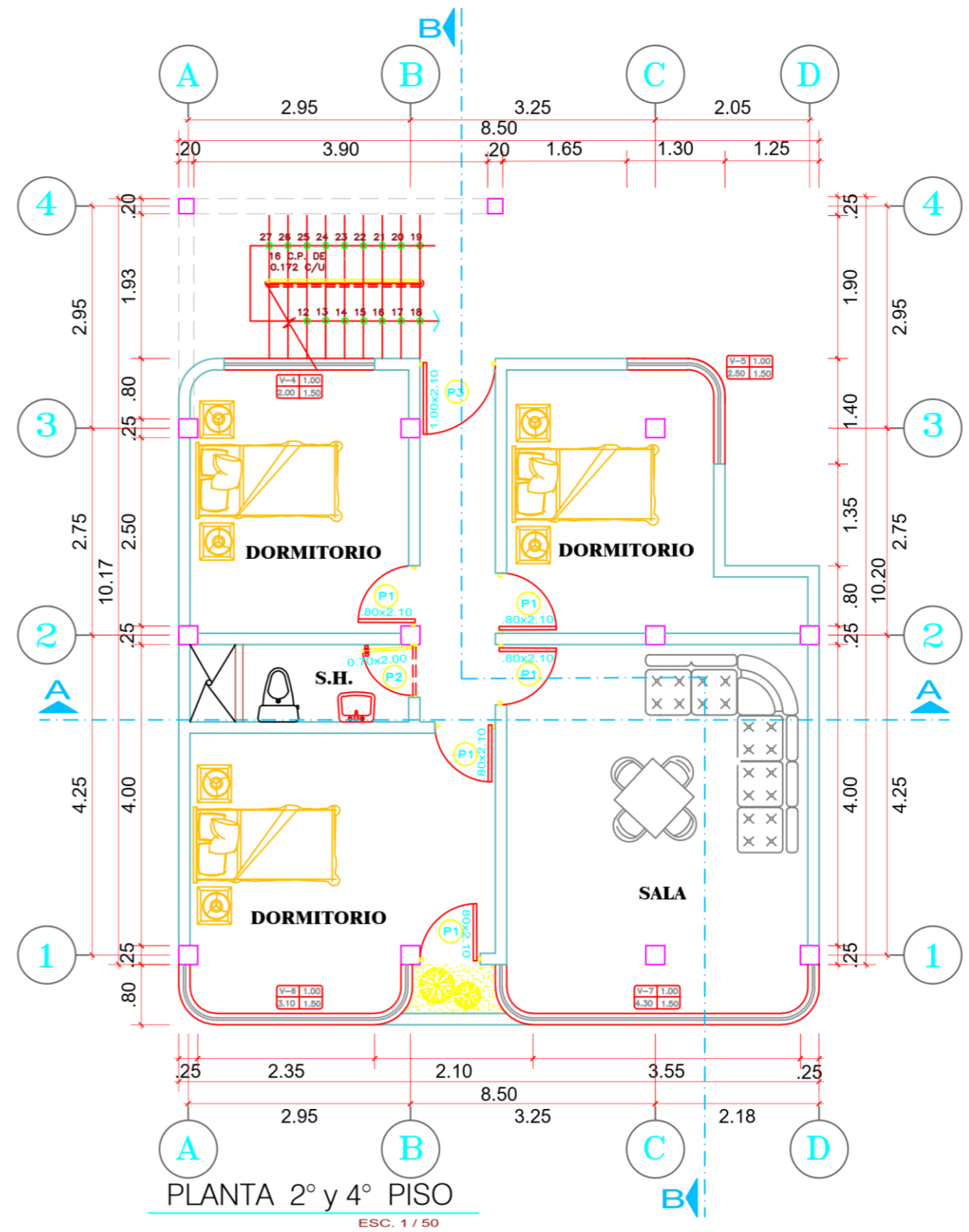
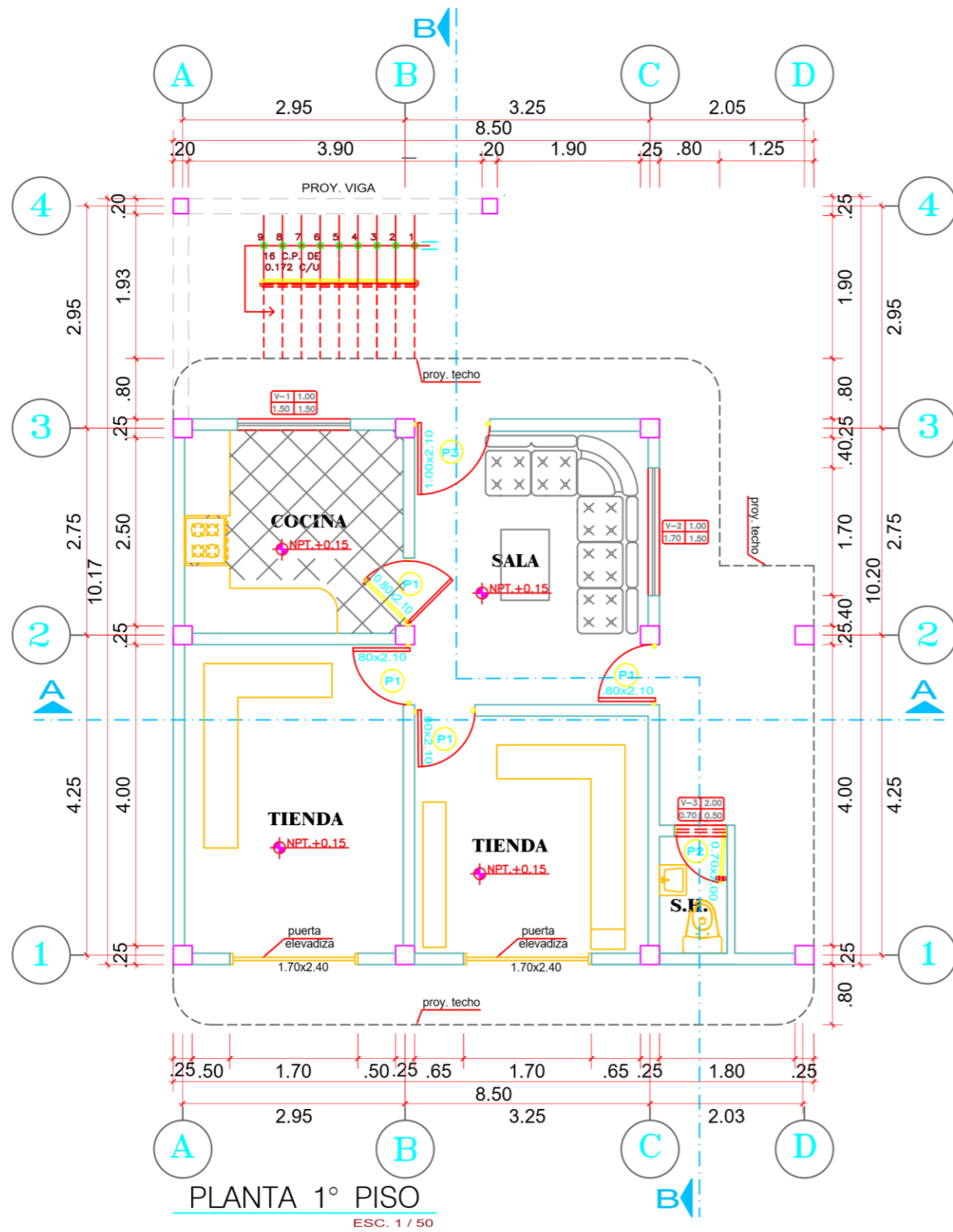
Fotografía 4. Construcción con ladrillo pandereta no son apropiados para la construcción de muros portantes por su poca resistencia.



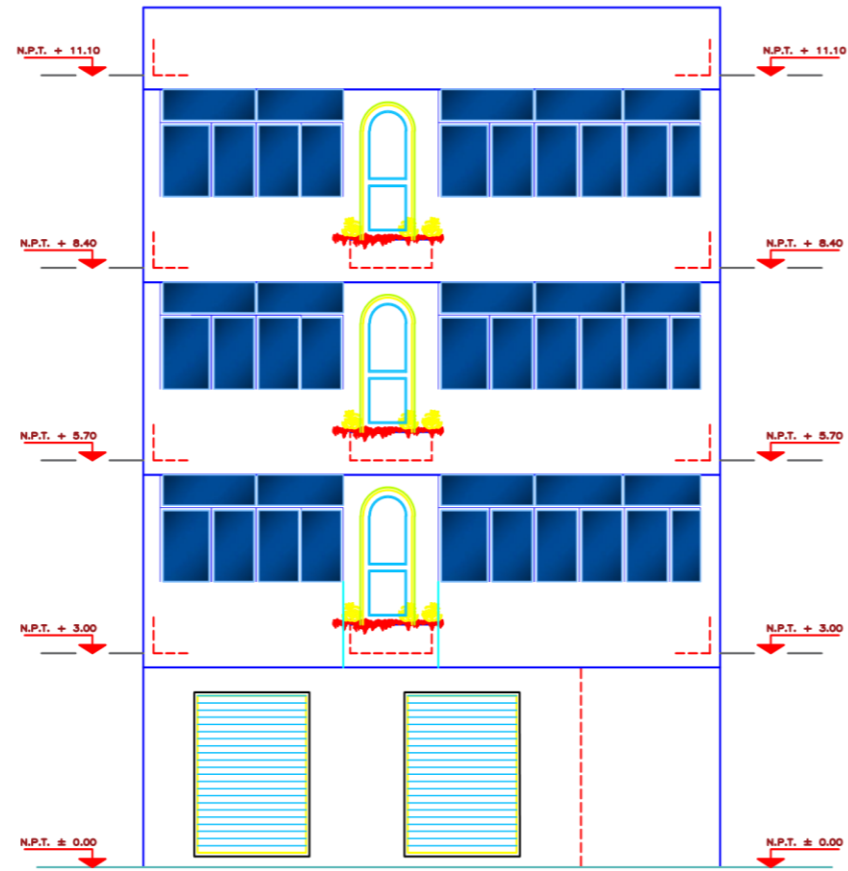
Fotografía 5. Cangrejeras en el concreto. Se producen típicamente por falta de vibrado.

**ANEXO N° 07: PLANOS**



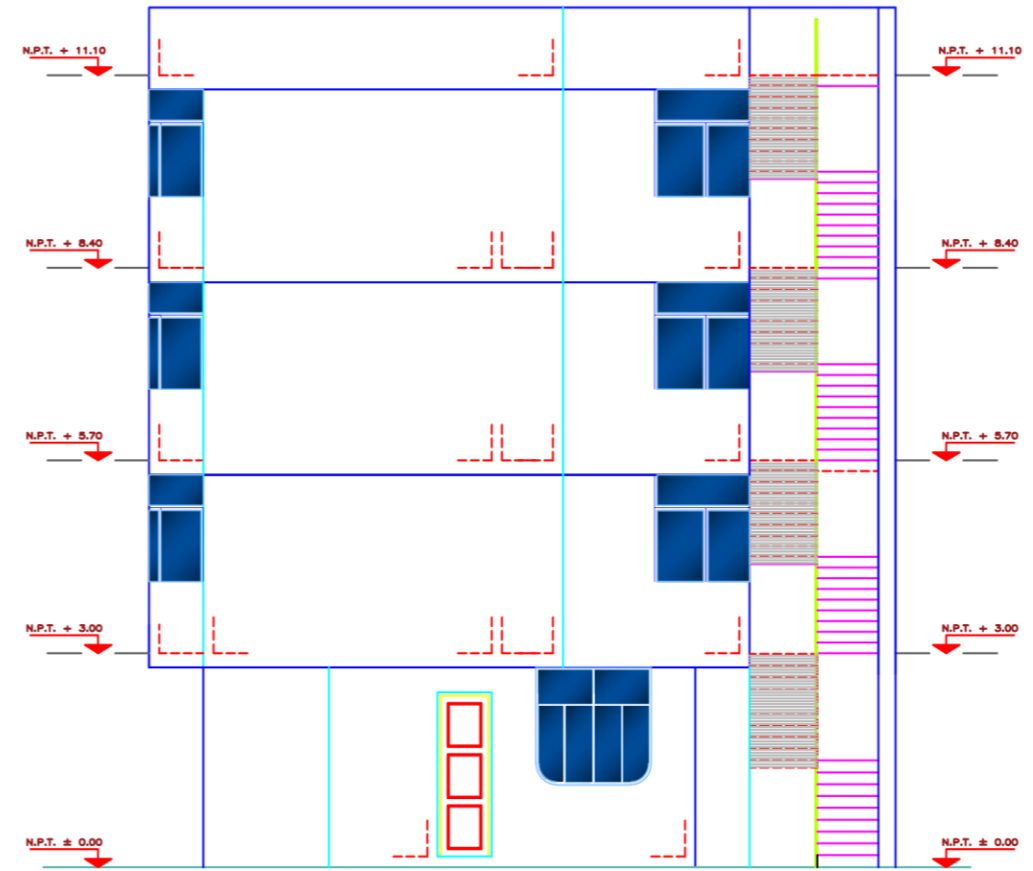


PROPIETARIO: <b>LEYDY VENDEZU CRUZADA</b>	PROYECTO: <b>VIVIENDA AUTOCONSTRUIDA</b>
PLANO: <b>ARQUITECTURA DISTRIBUCION</b>	UBICACION: Jr. Funa N° 200 Barrio " 25 de Julio " Dist. Fucara
PROFESIONAL: Anibal Huaraca Ramos	DISEÑO: A.H.R.
DIBUJO: A.H.R.	FECHA: 01-11-17
ESCALA: 1/50	LAMINA No. <b>A-01</b>



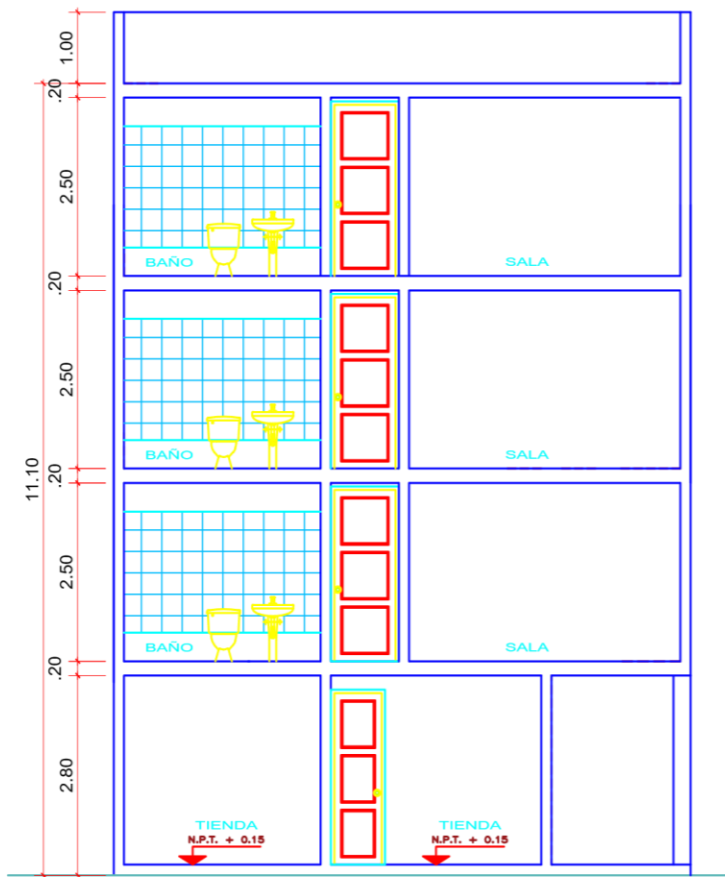
ELEVACION PRINCIPAL

ESC. 1 / 50



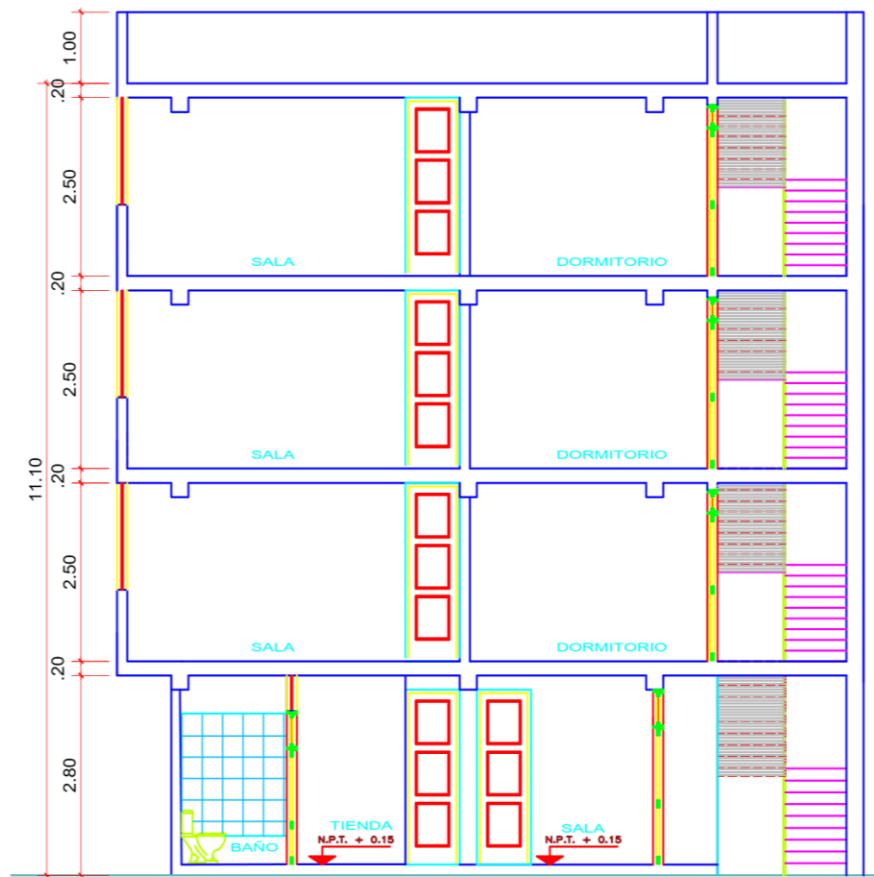
ELEVACION LATERAL

ESC. 1 / 50



CORTE A - A

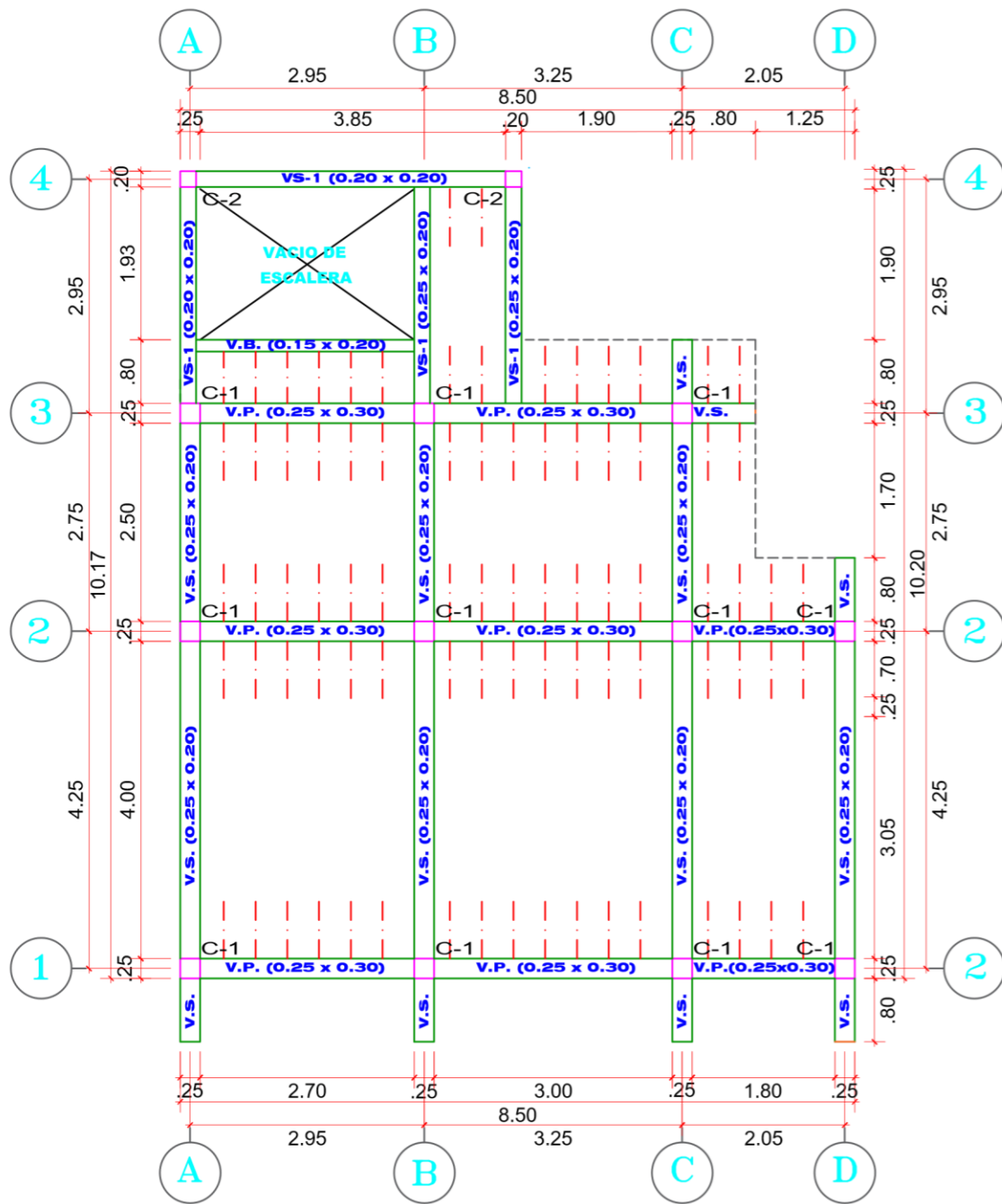
ESC. 1 / 50



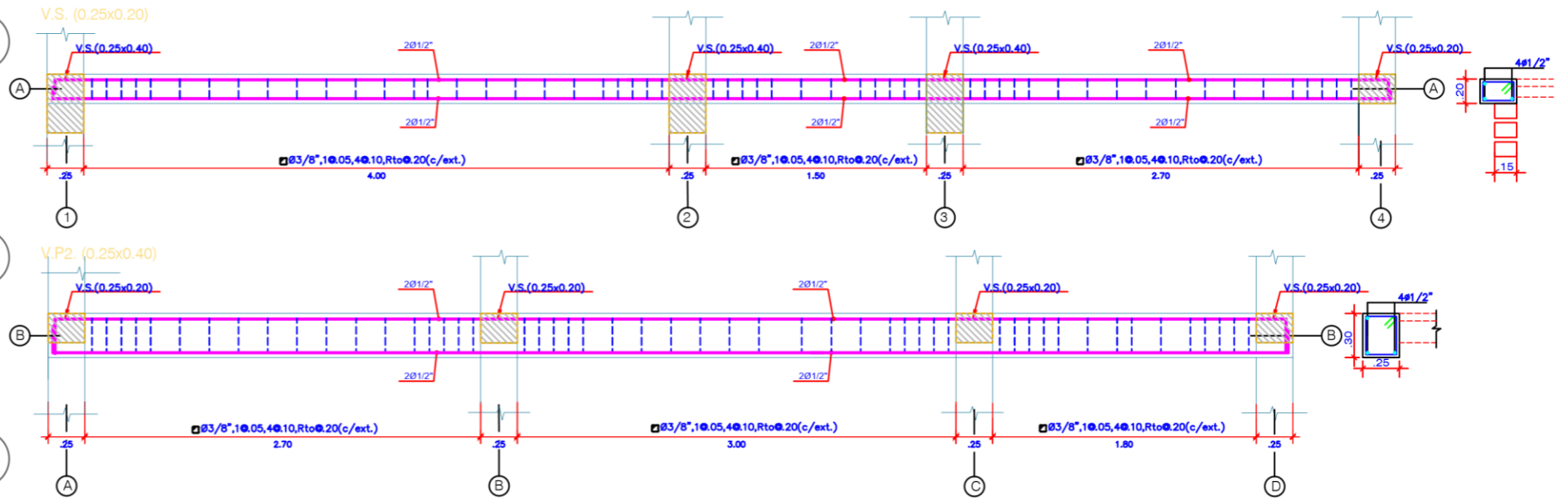
CORTE B - B

ESC. 1 / 50

PROPIETARIO: <b>LEYDY VENDEZU CRUZADA</b>		PROYECTO: <b>VIVIENDA AUTOCONSTRUIDA</b>	
PLANOS: <b>ARQUITECTURA: CORTE Y ELEVACION</b>		UBICACION: Finca N° 290 Barrio "28 de Julio" Dist. Pucara	LAMINA No. <b>A-02</b>
PROFESIONAL: Anibal Huaraca Ramos	DISENO A.H.R.	DIBUJO A.H.R.	FECHA 01-11-17
		ESCALA: 1/50	

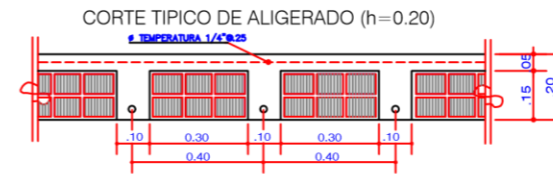


LOSA ALIGERADA TIPICA  
ESC. 1 / 50



**CUADRO DE COLUMNAS**

TIPO	C-1 (.25X.25)	C-2 (.20X.20)
SECCION		
ARMADURA	4 Ø 1/2"	4 Ø 1/2"
ESTRI.	Ø3/8" @ .05 Ø1/2" @ .20 Ø3/8" @ .20 (ext.)	Ø3/8" @ .05 Ø1/2" @ .20 Ø3/8" @ .20 (ext.)
NIVEL	PRIMERO, SEGUNDO TERCER Y CUARTO NIVEL	



**ESPECIFICACIONES TECNICAS**

CONCRETO:	$f_c = 210 \text{ Kg/cm}^2$
ACERO:	$f_y = 4,200 \text{ Kg/cm}^2$
TERRENO:	$U_t = 1.45 \text{ Kg/cm}^2$ (Segun estudio de suelos)
SOBRECARGA:	Indicada en cada caso
RECUBRIMIENTOS LIBRES	
COLUMNAS y VIGAS:	4 cms. ZAPATA: 7.5 cms.
ALIGERADOS:	3 cms.
ALBANILERIA	
UNIDAD DE ALBANILERIA:	$f_m = 35 \text{ Kg/cm}^2$

PROPIETARIO: <b>LEYDY VENDEZU CRUZADA</b>	PROYECTO: <b>VIVIENDA AUTOCONSTRUIDA</b>
PLANO: <b>ESTRUCTURA: ALIGERADO</b>	UBICACION: <i>Jr. Furo N° 200 Barrio " 28 de Julio "</i> <i>Dist. Pucara</i>
PROFESIONAL: <b>Anibal Huaraca Ramos</b>	DISEÑO: A.H.R.
DIBUJO: A.H.R.	FECHA: 01-11-17
ESCALA: 1/50	LAMINA No. <b>EA-01</b>





**ANEXO N° 08: OTROS DOCUMENTOS DE IMPORTANCIA**

**ANEXO N°08.1 Ficha de observación****Universidad Peruana los Andes  
Facultad de ingeniería**

**Fecha:** 15/09/2017 **Hora:** 09:15 a.m.

**Lugar:** Jr. Puno N ° 250 - Barrio 28 de Julio del distrito del Pucará.

**Provincia:** Huancayo **Departamento:** Junín

**Investigador o Evaluador:** Anibal Huaraca Ramos

---

**Tema de investigación:** Análisis comparativo aplicando el software Robot Structural y Etabs para evaluar el comportamiento estructural de viviendas autoconstruidas.

**Componentes del Problema:**

Características de los elementos estructurales en la vivienda autoconstruida en el distrito de Pucara, Huancayo, 2017.

**Aspectos observados:**

Se puede observar que la vivienda es de sistema estructural de albañilería confinada consta de 4 niveles, la altura del primer nivel es de 3.00 m las alturas de los entresijos típicos son de 2.70 m, tiene una losa aligerada de espesor de 20 cm, las columnas son de 25x25 cm y 20x20 para las escaleras; las vigas principales son de 25x30 cm (VP), las vigas secundarias de 20x25 cm (VS), y las vigas de borde de 15x20cm (VB). Los muros de albañilería son de arcilla con un espesor de 0.13 cm.

**Interpretación y valoración:**

La vivienda fue autoconstruida, no cuenta con planos y fue construida solo a criterio de un albañil de la zona.

**Universidad Peruana los Andes**  
**Facultad de ingenieria**

**Fecha:** 15/09/2017 **Hora:** 11:30 a.m.

**Lugar:** Jr. Puno N ° 250 - Barrio 28 de Julio del distrito del Pucará.

**Provincia:** Huancayo **Departamento:** Junín

**Investigador o Evaluador:** Anibal Huaraca Ramos

---

**Tema de investigación:** Análisis comparativo aplicando el software Robot Structural y Etabs para evaluar el comportamiento estructural de viviendas autoconstruidas.

**Componentes del Problema:**

Características de los materiales utilizados en la vivienda autoconstruida en el distrito de Pucara, Huancayo, 2017.

**Aspectos observados:**

El material de concreto armado tiene una resistencia a la compresión  $f'c$ : 210 kg/cm<sup>2</sup>, el acero es corrugado tiene un esfuerzo unitario a la fluencia  $f_y$ : 4200 kg/cm<sup>2</sup> y la albañilería utilizada fue de ladrillo artesanal de arcilla con una resistencia a la compresión  $f'm$ : 350 Ton/m<sup>2</sup>.

---

**Interpretación y valoración:**

Los materiales utilizados y las características de los mismos no cumplen con las especificaciones indicadas de la Norma Peruana E.030 y RNE E.070.

**Universidad Peruana los Andes**  
**Facultad de ingenieria**

**Fecha:** 15/09/2017 **Hora:** 11: 30 a.m.

**Lugar:** Jr. Puno N ° 250 - Barrio 28 de Julio del distrito de Pucará.

**Provincia:** Huancayo **Departamento:** Junín

**Investigador o Evaluador:** Anibal Huaraca Ramos

---

**Tema de investigación:** Análisis comparativo aplicando el software Robot Structural y Etabs para evaluar el comportamiento estructural de viviendas autoconstruidas ".

**Componentes del Problema:**

Distribución de espacios en la vivienda autoconstruida en el distrito de Pucara, Huancayo, 2017.

**Aspectos observados:**

En la planta baja se encuentran dos tiendas, una sala y una cocina; un servicio higiénico.

En las planta típicas se encuentra tres dormitorios, una sala y un servicio higiénico.

---

**Interpretación y valoración:**

La distribución de los ambientes no es lo correcto ni la ubicación de la escalera.