



## RESUMEN TESIS DE GRADO

AUTOR (ES): NOMBRES Y APELLIDOS COMPLETOS

NOMBRE (S) LUIS CARLOS APELLIDO (S): FARFAN RAMIREZ

FACULTAD: INGENIERÍA

PLAN DE ESTUDIOS: INGENIERÍA MECÁNICA

DIRECTOR:

NOMBRE (S) LUIS EMILIO APELLIDO (S) VERA DUARTE

TÍTULO DE LA TESIS: DISEÑO Y CÁLCULO DE UN PRE-EXPANSOR DE POLIESTIRENO ESPANDIBLE (ESP) APLICADO A PANELES ESTRUCTURALES.

### RESUMEN

Este trabajo contiene los cálculos necesarios en la construcción de un preexpansor para el procesamiento de poliestireno expandido. Se analizó el procedimiento y procesos necesario que requiere la perla de poliestireno para aumentar su tamaño.

Así mismo, se analizaron las diferentes propiedades del poliestireno expandido aplicado en la construcción de vivienda, contribuyendo en la implementación de una nueva tecnología que pueda impulsar la construcción en nuestra Ciudad.

Se realizaron diseños, planos y manuales de operación y mantenimiento cumpliendo con las normas asme sección VIII div.1 (diseño, construcción e inspección de tanques y recipientes a presión).

**PALABRAS CLAVES:** Diseño, cálculo, pre-expansor, poliéster, paneles estructurales.

PÁGINAS 141 PLANOS      ILUSTRACIONES      CD-ROM 1

**DISEÑO Y CÁLCULO DE UN PRE-EXPANSOR DE POLIESTIRENO  
APLICADO A PANELES ESTRUCTURALES**

**LUIS CARLOS FARFAN RAMIREZ**

**UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
PLAN DE ESTUDIOS DE INGENIERÍA MECÁNICA  
SAN JOSÉ DE CÚCUTA  
2012**

**DISEÑO Y CÁLCULO DE UN PRE-EXPANSOR DE POLIESTIRENO  
APLICADO A PANELES ESTRUCTURALES**

**LUIS CARLOS FARFAN RMIREZ**

**Trabajo de grado presentado como requisito para optar al título de  
Ingeniero Mecánico**

**Director  
LUIS EMILIO VERA DUARTE  
Ingeniero Mecánico**

**UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
PLAN DE ESTUDIOS DE INGENIERÍA MECÁNICA  
SAN JOSÉ DE CÚCUTA  
2012**



## ACTA DE SUSTENTACIÓN DE UN TRABAJO DE GRADO

FECHA: Cúcuta, 16 DE MAYO DE 2012

HORA: 05:00 P.M.

LUGAR: DEPARTAMENTO DE FLUIDOS Y TERMICAS

PLAN DE ESTUDIOS: INGENIERIA MECANICA

Título de la Tesis: "DISEÑO Y CALCULO DE UN PRE-EXPANSOR DE POLIESTIRENO APLICADO A PANELES ESTRUCTURALES."

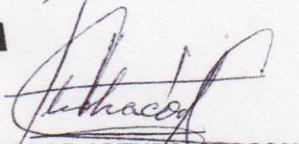
Jurados: Ing. ORLANDO GUTIERREZ  
Ing. CARLOS ARTURO CHACON  
Lic. BLANCA MERY ROLON

Director: Ing. LUIS EMILIO VERA DUARTE


| Nombre de los estudiantes  | Código  | Calificación |        |
|----------------------------|---------|--------------|--------|
|                            |         | Letra        | Número |
| LUIS CARLOS FARFAN RAMIREZ | 0122648 | Cuatro, Tres | 4.3    |

  
ORLANDO GUTIERREZ

**APROBADA**

  
CARLOS ARTURO CHACON

  
BLANCA MERY ROLON

  
Vo.Bo GONZALO DE LA CRUZ ROMERO GARCIA  
Coordinador Comité Curricular  
Ingeniería Mecánica

Dedico este logro a Dios, por otorgarme los dones necesarios para poder realizar este gran proyecto; también agradezco a mi familia mis padres Blanca Estela Ramírez Moreno y Luis Eduardo Farfán Melo mis hermanos Luz Miryan Farfán Ramírez, Cesar Eduardo Farfán Ramírez, Fabio Hernando Farfán Ramírez a mis sobrinos Santiago Andrés Farfán Ramos, Nathan Farfán Moros y Valeria Carolina Farfán Ramos por el apoyo incondicional y en especial a mi mamá Blanca Estela Ramírez.

Carlos Farfan Rmirez

## CONTENIDO

|  | pág. |
|--|------|
| INTRODUCCIÓN   | 17   |
| 1. PROBLEMA  | 19   |
| 1.1 TITULO   | 19   |
| 1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA                             | 19   |
| 1.3 OBJETIVOS  | 19   |
| 1.3.1 Objetivo general                                     | 19   |
| 1.3.2 Objetivo específicos                                 | 19   |
| 1.4 JUSTIFICACION  | 20   |
| 1.4.1 A nivel de la empresa                                | 20   |
| 1.4.2 A nivel de la carrera de Ingeniería Mecánica         | 20   |
| 1.4.3 A nivel personal                                     | 20   |
| 1.5 ALCANCE  | 20   |
| 2. MARCO DE REFERENCIA                                     | 21   |
| 2.1 ANTECEDENTES   | 21   |
| 2.2 MARCO TEÓRICO  | 21   |
| 2.2.1 Historia   | 21   |
| 2.2.2 Proceso de fabricación                               | 22   |
| 2.2.2.1 Preexpansión                                       | 22   |
| 2.2.2.2 Secado   | 22   |
| 2.2.3 Propiedades y características poliestireno expandido | 22   |
| 2.2.3.1 Densidad   | 22   |
| 2.2.3.2 Color  | 23   |

|  |    |
|--|----|
| 2.2.3.3 Resistencia mecánica                                     | 23 |
| 2.2.3.4 Aislamiento térmico                                      | 23 |
| 2.2.3.5. Comportamiento frente al agua y vapor de agua           | 24 |
| 2.2.3.6. Estabilidad dimensional                                 | 24 |
| 2.2.3.7 Estabilidad frente a la temperatura                      | 24 |
| 2.2.3.8 Comportamiento frente a factores atmosféricos            | 24 |
| 2.2.3.9 Comportamiento frente al fuego                           | 25 |
| 2.2.3.10 Propiedades biológicas                                  | 25 |
| 2.2.3.11 Poliestireno expandido y el medio ambiente              | 25 |
| 2.2.3.12 Reciclabilidad  | 26 |
| 2.3 MARCO CONCEPTUAL   | 27 |
| <br>   |    |
| 3. METODOLOGÍA   | 29 |
| 3.1 TIPO DE INVESTIGACIÓN  | 29 |
| 3.2 TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN                       | 29 |
| 3.2.1 Fuentes primarias  | 29 |
| 3.2.2 Fuentes secundarias  | 29 |
| 3.3 TÉCNICAS DE ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN                       | 29 |
| <br>   |    |
| 4. GENERALIDADES   | 30 |
| 4.1 HISTORIA DEL POLIESTIRENO                                    | 30 |
| 4.2 DEFINICIÓN DEL POLIESTIRENO                                  | 30 |
| 4.2.1 El EPS (Expandable Polystyrene o Poliestireno Expansible). | 30 |
| 4.3 PROPIEDADES FÍSICAS Y QUÍMICAS                               | 31 |
| 4.3.1 Propiedades físicas  | 32 |
| 4.3.2 Propiedades químicas                                       | 32 |
| 4.4 PROPIEDADES BIOLÓGICAS                                       | 33 |

|  |    |
|--|----|
| 4.5 LIMITACIONES   | 34 |
| 5. DISEÑO Y CÁLCULO DE LOS SISTEMAS  | 36 |
| 5.1 DESCRIPCIÓN DE LA MAQUINA  | 36 |
| 5.2 PARÁMETROS DE DISEÑO   | 37 |
| 5.2.1 Dimensión de la cámara de expansión  | 37 |
| 5.2.2 Temperatura  | 38 |
| 5.2.3 Presión  | 39 |
| 5.2.3.1 Presión de Operación ( $P_o$ )= 87 - 117 lb/Pulg <sup>2</sup> .(0.6-0.8 MPa) | 39 |
| 5.2.3.2 Presión de diseño ( $P$ )=147 lb/Pulg <sup>2</sup> . (1.0135 MPa)            | 39 |
| 5.2.3.3 Presión del fluido ( $p_f$ )   | 39 |
| 5.2.4 Tamaños de grano requeridos  | 39 |
| 5.2.5 Capacidad  | 39 |
| 5.2.6 Selección de los materiales para el pre-expansor                               | 39 |
| 5.3 DISEÑO Y CALCULO DE LA CAMARA DE EXPANSIÓN                                       | 41 |
| 5.3.1 Cálculo del espesor por presión interna  | 41 |
| 5.3.1.1 Espesor basado en los esfuerzos circunferenciales                            | 41 |
| 5.3.1.2 Eficiencia de las juntas soldadas  | 42 |
| 5.3.1.3 Espesor basado en los esfuerzos longitudinales                               | 43 |
| 5.3.1.4 Diseño de las tapas  | 45 |
| 5.3.1.5 Ecuaciones para placas planas  | 45 |
| 5.4 CÁLCULO DE REFORZAMIENTO   | 47 |
| 5.4.1 Boquillas  | 47 |
| 5.4.2 Mirilla  | 47 |
| 5.5 REFUERZOS EN LA CAMARA DE EXPANSIÓN  | 51 |
| 5.6 VÁLVULAS   | 52 |
| 5.6.1 Válvulas de seguridad  | 52 |



|  |    |
|--|----|
| 5.6.2 Válvulas de purga  | 53 |
| 5.6.3 Válvula de bola de entrada y salida del vapor                    | 53 |
| 5.6.4 Manómetro  | 54 |
| 5.6.5 Termómetro   | 55 |
| 6. TORQUE REQUERIDO EN EL EJE  | 56 |
| 6.1 TORQUE REQUERIDO PARA ARRANCAR EN VACIO                            | 56 |
| 6.2 MOMENTO DE MASA DE LOS ALABES                                      | 57 |
| 7. AGITACIÓN   | 62 |
| 7.1 CONSUMO DE POTENCIA  | 62 |
| 7.2 NÚMERO DE REYNOLDS   | 63 |
| 7.3 CÁLCULOS DEL AGITADOR  | 64 |
| 7.4 TORQUE REQUERIDO PARA MOVER LA MASA POLIESTIRENO                   | 66 |
| 7.5 POTENCIA REQUERIDA   | 69 |
| 8. SELECCIÓN DEL MOTORREDUCTOR   | 71 |
| 8.1 DISEÑO DEL EJE   | 72 |
| 8.1.1 Diseño del eje a carga estática                                  | 72 |
| 8.1.2 Diagramas de momentos para hallar momento máximo y torque máximo | 74 |
| 8.1.3 Cálculo del momento máximo                                       | 75 |
| 8.1.4 Cálculo del torque máximo  | 75 |
| 8.1.5 Resistencia a la fatiga  | 76 |
| 8.1.6 Resistencia a la fatiga para el eje                              | 77 |
| 8.2 CÁLCULO DE RODAMIENTOS   | 78 |
| 8.2.1 Selección de los rodamientos                                     | 78 |
| 8.3 SISTEMAS DE SUJECIÓN AL EJE  | 80 |
| 8.4 SISTEMA DE FIJACIÓN DE LAS ASPAS AL EJE                            | 80 |

|  |     |
|--|-----|
| 9. DISEÑO Y SELECCIÓN DE LA CHAVETA                                    | 82  |
| 9.1 CÁLCULO DE OREJAS DE IZAJE   | 83  |
| 9.2 PESO DE ERECCIÓN   | 84  |
| 9.3 SISTEMA DE SOPORTE Y SELLADO DE LAS COMPUERTAS                     | 85  |
| 10. CÁLCULO DE LOS PASADORES DEL SISTEMA DE COMPUERTA                  | 87  |
| 10.1 FUERZA EJERCIDA SOBRE LAS COMPUERTAS                              | 87  |
| 10.2 ANÁLISIS DE LAS FUERZAS CORTANTES EN LOS PERNOS                   | 88  |
| 10.3 DISEÑO DEL DIÁMETRO INTERIOR Y EXTERIOR DEL PASADOR DE LA BISAGRA | 88  |
| 10.4 CÁLCULO ESTÁTICO DEL EJE  | 93  |
| 10.5 PERNOS UNIÓN  | 95  |
| 10.6 PASADOR ROSCADO   | 97  |
| 10.7 TORNILLO DE SEGURIDAD   | 99  |
| 10.8 PALANCA DE CIERRE   | 102 |
| 11. DISEÑO DE LA ESTRUCTURA  | 103 |
| 11.1 PERNOS DE ANCLAJE PARA LAS PLACAS BASE DE LAS COLUMNAS            | 106 |
| 11.2 RESISTENCIA DE LOS PERNOS DE ANCLAJE                              | 108 |
| 11.3 LONGITUD DEL TORNILLO   | 109 |
| 12. SOLDADURAS EN CAMARA DE EXPANSIÓN                                  | 111 |
| 12.1 JUNTAS VERTICALES DEL CUERPO                                      | 111 |
| 12.2 JUNTAS HORIZONTALES   | 112 |
| 12.3 RECOMENDACIONES PARA PROCEDIMIENTOS DE SOLDADURAS                 | 112 |
| 12.4 SEGURIDAD   | 113 |
| 12.5 PREVENCIÓN DE FALLAS  | 114 |

|                                       |     |
|---------------------------------------|-----|
| 12.6 PRUEBAS EN RECIPIENTES A PRESIÓN | 115 |
| 12.7 PRUEBA HIDROSTÁTICA              | 115 |
| 12.8 PRUEBAS NEUMÁTICAS               | 115 |
| 12.9 PRUEBA DE ELASTICIDAD            | 116 |
| 12.10 IMPACTO MEDIO AMBIENTAL         | 117 |
| <br>                                  |     |
| 13. COSTOS                            | 119 |
| <br>                                  |     |
| 14. CONCLUSIONES                      | 122 |
| <br>                                  |     |
| 15. RECOMENDACIONES                   | 123 |
| <br>                                  |     |
| BIBLIOGRAFÍA                          | 124 |
| <br>                                  |     |
| ANEXOS                                | 125 |