

Universidad San Francisco de Quito

Colegio de Ciencias e Ingeniería

Diseño, Construcción de una Máquina Fundidora y Mezcladora de Chocolate

Mario Alejandro Pardo Suarez

Tesis de Grado Preparada como Requisito para la Obtención
del Título de Ingeniería Mecánica

Quito, Julio 2013

**Universidad San Francisco de Quito
Colegio de Ciencias e Ingeniería**

HOJA DE APROBACION DE TESIS

**Título de la tesis: Diseño, Construcción de una Máquina Fundidora y Mezcladora
de Chocolate**

Mario Alejandro Pardo Suarez

Cesar Zambrano, PhD.
Director de la Tesis

.....

Alfredo Valarezo, PhD.
Coordinador de la Carrera de Ingeniería Mecánica
Miembro del Comité de la Tesis

.....

Nelson Herrera, Ing.
Miembro del Comité de la Tesis

.....

Ximena Córdova, PhD.
Decana Escuela de Ingeniería
Colegio de Ciencias e Ingeniería
El Politécnico

.....

Quito, 22 de julio 2013

Resumen

La presente tesis corresponde al diseño y construcción de una máquina fundidora de chocolate. Este proyecto surge para cubrir la necesidad de cualquier productor de chocolate ya sea de una mediana o micro empresa, pero también poder satisfacer esta necesidad a los productores artesanales. Conjuntamente la Universidad San Francisco de Quito y el ejecutor de este proyecto, se decide desarrollar el mismo tras diseñar, construir una máquina fundidora de chocolate con las especificaciones y requerimientos del mercado local.

Abstract

This thesis is the design and construction of a smelter chocolate machine. This project was created to fill the need for any producer of chocolate either a medium or micro enterprise, but also to satisfy this need to artisanal producers. Along the Universidad San Francisco de Quito and the executor of the project, they decided to develop the same after designing, building a smelter chocolate machine specifications and requirements of the local market.

Tabla de contenidos

Capitulo 1.- Introducción General	15
1.1 Introducción.....	17
1.2. Antecedentes.....	18
1.3. Objetivos Generales.....	18
1.4. Objetivos específicos.....	19
1.5. Justificación.....	19
1.6. Área Académica	20
Capitulo 2.- Marco Teórico	21
2.1.-Chocolate.....	22
2.2.-Baño María	23
2.3.-Reología	24
2.4.-Fluidos Newtonianos.....	25
2.5.-Fluidos No Newtonianos.....	26
2.6.-Capacidad calorífica.....	30
2.7.-Calor Específico	30
2.8.-Transferencia de calor	31
Transferencia de calor por Conducción.....	31
Transferencia de Calor por convección	32
Transferencia de Calor por Radiación	33
2.9.-Viscosímetros rotacionales.....	35
Viscosímetros de cilindros concéntricos.....	36
Viscosímetros de placas paralelas.	38
Viscosímetro de cono-placa.	39
Capitulo 3.- Pre Diseño.....	40

3.1.-Requerimientos Técnicos	41
Requerimientos de Diseño	41
3.2.-Componentes Básicos	42
Estructura.....	42
Capitulo 4.-Pruebas en el laboratorio	45
4.1.-Obtención del Cp o Calor Específico del chocolate	46
Procedimiento:.....	47
4.2.-Estudios Reológico viscosímetro cilindros concéntricos.	52
Equipos:.....	52
Procedimiento:.....	53
4.3.- Reología del chocolate viscosímetro placa paralelas	55
Capitulo 5.- Diseño.....	58
5.1.- Cálculos del Cilindro.....	59
5.2 Cálculo del Motor y moto reductor	60
5.2.1 Calculo Coeficiente de arrastre para raspador de fondo	61
5.2.2 Cálculo fuerza de arrastre del raspador de fondo	61
5.2.3 Cálculo fuerza de arrastre estructura de raspadores.....	62
5.3 Cálculo de la Bomba.....	66
5.3.1 Para los tubos de pvc y el espiral del cilindro contenedor de agua	66
5.2.-Materiales Seleccionados	73
Estructura, agitación, cilindro:.....	73
Aceros Austeníticos.- AISI 304 a AISI 316	73
Sistema de calentamiento	74
Aislamiento Térmico	74
Poliuretano.....	74
Agitación	77
Teflón	77
Grilon.....	78
Materiales de Pernos Tuercas Arandelas	79

Material de la Chumacera y Ruedas	79
Nylon	79
Selección de Lubricantes para los componentes mecánicos	80
Naturales H1/UH1	80
Diseño Final Planos.....	81
Capitulo 6.- Construcción	83
6.1.-Construcción del Cilindro	84
6.2.-Construcción de la estructura	91
6.3 Sistema de calentamiento	98
6.4.-Sistema de agitación	105
6.5.-Sistema de rapadores.....	109
6.6.-Raspador del fondo	115
6.6.-Recubrimiento exterior.....	118
Ensamble eléctrico	121
6.7.-Sistema salida de chocolate	125
Conclusiones	130
Recomendaciones	131
Bibliografía	132
Anexos	136
Anexo A.- Especificaciones técnicas aparatos y materiales utilizados	137
Anexo B.- Resultados de Ensayos Químicos	140
Anexo C.- Planos	141
Anexo D.- Código G de paletas.....	142

Ilustraciones

<i>Ilustración 1.-Fluidos No Newtonianos independientes del tiempo.</i>	27
<i>Ilustración 2.- Fluidos Pseudoplásticos</i>	28
<i>Ilustración 3.- Flujo entre dos placas paralelas</i>	36
<i>Ilustración 4.- Matriz de esfuerzos tensores en un flujo de Couette</i>	36
<i>Ilustración 5.-Pre diseño del cilindro</i>	43
<i>Ilustración 6.- Pre diseño sistema de agitación.</i>	44
<i>Ilustración 7.-Trozos de chocolate para ser derretidos en baño María</i>	47
<i>Ilustración 8.- Agitación del chocolate en el proceso de fundición.</i>	49
<i>Ilustración 9.-Conexión del Medidor digital con el calorímetro.</i>	50
<i>Ilustración 10.-Viscosímetro Thomas-Stormer 9370-F10.</i>	52
<i>Ilustración 11.-Pesaje de la cantidad de chocolate derretido en el recipiente del viscosímetro.</i>	53
<i>Ilustración 12.- Medición de vueltas vs tiempo.</i>	54
<i>Ilustración 13.- Resultados Obtenidos Viscosidad del chocolate Politécnica Nacional</i>	56
<i>Ilustración 14.- Resultados Obtenidos Viscosidad del chocolate Politécnica Nacional</i>	57
<i>Ilustración 15.- Selección moto reductor y motor</i>	65
<i>Ilustración 16.- Curvas de rendimiento bomba</i>	70
<i>Ilustración 17.- Resistencia eléctrica seleccionada</i>	72
<i>Ilustración 18.-Grafica MATLAB del comportamiento del chocolate a diferentes espesores. ¡Error!</i>	
Marcador no definido.	
<i>Ilustración 19.-Tabla de propiedades Teflón (PROUDFLON, 2009)</i>	78
<i>Ilustración 20.- Propiedades del Grilon (Acerind, 2006).</i>	79
<i>Ilustración 21.-propiedades físicas y mecánicas nylon 66</i>	80
<i>Ilustración 22.-Corte plancha de acero con regla.</i>	85
<i>Ilustración 23.-Pulido de suelda.</i>	86
<i>Ilustración 24.-Corte con plasma tapa del cilindro</i>	86
<i>Ilustración 25.-Apertura salida del chocolate</i>	87
<i>Ilustración 26.-Rectificación de la salida del chocolate</i>	87
<i>Ilustración 27.-Corte y ensamblaje tapa superior</i>	88
<i>Ilustración 28.-Ensamble final compartimiento RTD</i>	89
<i>Ilustración 29.-Instalación acople rosca para RTD</i>	89
<i>Ilustración 30.-Cilindro completamente lijado y acabado</i>	90
<i>Ilustración 31.- Terminación acoples anillo superior</i>	91

<i>Ilustración 32.-Soldado de soportes para puente.....</i>	<i>92</i>
<i>Ilustración 33.-Apertura orificios del puente.....</i>	<i>93</i>
<i>Ilustración 34.-Suelda tapas laterales del puente</i>	<i>93</i>
<i>Ilustración 35.-Apertura orificios de sujecion del puente</i>	<i>94</i>
<i>Ilustración 36.- Nivelación Puente de motor</i>	<i>95</i>
<i>Ilustración 37.-Corte de Orificios para sujeción de bomba</i>	<i>96</i>
<i>Ilustración 38.-Decapado de soldaduras.....</i>	<i>97</i>
<i>Ilustración 39.-Ruedas giratorias de Nylon</i>	<i>98</i>
<i>Ilustración 40.- Colocación tapas reservorio de agua.....</i>	<i>99</i>
<i>Ilustración 41.-Apertura agujero para resistencia en reservorio</i>	<i>100</i>
<i>Ilustración 42.- suelda acople para resistencia</i>	<i>100</i>
<i>Ilustración 43.-Ensamble Universal entrada de agua al reservorio.....</i>	<i>101</i>
<i>Ilustración 44.- Ensamble tubería salida de agua del cilindro al reservorio</i>	<i>102</i>
<i>Ilustración 45.-Ensamble tubería salida de agua del reservorio a la bomba.....</i>	<i>102</i>
<i>Ilustración 46.-Ensamble tubería salida de la bomba al cilindro</i>	<i>103</i>
<i>Ilustración 47.-Tapa y orificio por donde se llena el agua del sistema</i>	<i>104</i>
<i>Ilustración 48.-Cilindrado del eje</i>	<i>105</i>
<i>Ilustración 49.-Cilindrado con plaquita widia.....</i>	<i>106</i>
<i>Ilustración 50.-Fresado de chavetero.....</i>	<i>107</i>
<i>Ilustración 51.-Terminación final maquinado parte superior de eje</i>	<i>107</i>
<i>Ilustración 52.-Eje más chaveta.....</i>	<i>108</i>
<i>Ilustración 53.-Arandela fabricada para ayudar al tornillo a sujetar el eje</i>	<i>108</i>
<i>Ilustración 54.-Sujeción en entenalla eje y placa.....</i>	<i>109</i>
<i>Ilustración 55.- Formado del anillo con combo.</i>	<i>110</i>
<i>Ilustración 56.- Raspador primera parte.....</i>	<i>111</i>
<i>Ilustración 57.-Suelda raspador segunda parte</i>	<i>111</i>
<i>Ilustración 58.-Elaboración perforaciones raspador</i>	<i>112</i>
<i>Ilustración 59.-fresado para igualar caras en placas de teflón de raspadores.....</i>	<i>112</i>
<i>Ilustración 60.-fresado para dar forma de cuña al Segundo raspador.....</i>	<i>113</i>
<i>Ilustración 61.-Refrendado perno de acero inoxidable de 3/4"</i>	<i>114</i>
<i>Ilustración 62.-Apertura de hueco para la colocación del perno de 3/4"</i>	<i>114</i>
<i>Ilustración 63.-Suelda del perno de 3/4" al eje</i>	<i>115</i>
<i>Ilustración 64.- Raspador terminado vista posterior</i>	<i>116</i>
<i>Ilustración 65.-Raspador terminado Vista isométrica</i>	<i>116</i>
<i>Ilustración 66.- Apertura de rosca con machuelo de 3/4"</i>	<i>117</i>

<i>Ilustración 67.-Cilindrado del Raspador del fondo</i>	<i>117</i>
<i>Ilustración 68.-Tapa superior huecos botón de encendió y tapa sistema de calentamiento</i>	<i>118</i>
<i>Ilustración 69.-Ensamble tapa posterior y tapa lateral</i>	<i>119</i>
<i>Ilustración 70.- Ensamble tapa frontal y caja de control.....</i>	<i>120</i>
<i>Ilustración 71.-Ensamble de Tapas del cilindro</i>	<i>121</i>
<i>Ilustración 72.-Vinchas para sostener los cables eléctricos</i>	<i>122</i>
<i>Ilustración 73.-Cableado a través de la estructura.....</i>	<i>122</i>
<i>Ilustración 74.- Conexión de la resistencia.....</i>	<i>123</i>
<i>Ilustración 75.-Manguera corrugada para cableado a toma corriente.....</i>	<i>124</i>
<i>Ilustración 76-Apertura de orificios caja de control</i>	<i>124</i>
<i>Ilustración 77.-Codo de 45° tipo clamp</i>	<i>125</i>
<i>Ilustración 78.-Válvula de mariposa tipo clamp.....</i>	<i>126</i>
<i>Ilustración 79.-Acople para soporte de la manija de la válvula de mariposa.....</i>	<i>127</i>
<i>Ilustración 80.-Suelda del acople a la tapa frontal de la estructura</i>	<i>127</i>
<i>Ilustración 81.- Sistema salida del chocolate</i>	<i>128</i>
<i>Ilustración 82.- Maquina fundidora producto Final.....</i>	<i>129</i>

Tablas

<i>Tabla 1.- Tabla de comparación agua a baño maría vs temperatura de fundición del chocolate</i>	<i>48</i>
<i>Tabla 2.- Resultados calor específico distintos chocolates</i>	<i>51</i>
<i>Tabla 3.-Viscosidad aparente chocolates dulce amargo USFQ</i>	<i>55</i>
<i>Tabla 4.-Factor de servicio</i>	<i>63</i>
<i>Tabla 5.- Opciones motor caja reductora</i>	<i>64</i>
<i>Tabla 6.- Equivalencia aislantes térmicos: cantidad utilizada para conseguir el mismo efecto</i>	<i>75</i>

Ecuaciones

<i>Ecuación 1.- Ecuación constitutiva fluido Newtoniano</i>	25
<i>Ecuación 2.- Matriz de Tensor esfuerzos fluidos Newtonianos</i>	25
<i>Ecuación 3.-Fluidos no newtonianos independientes del tiempo</i>	26
<i>Ecuación 4.-Fluidos no newtonianos dependientes del tiempo.</i>	26
<i>Ecuación 5.-Law of power o de Ostwald</i>	28
<i>Ecuación 6.-Viscosidad aparente.</i>	29
<i>Ecuación 7.- Viscosidad aparente en la ley de Ostwald</i>	29
<i>Ecuación 8.-Calor específico</i>	30
<i>Ecuación 9.- Formula calor específico del chocolate (Peña Ramos & Parra Sosa, 2007)</i>	30
<i>Ecuación 10.- Ley de Fourier para Transferencia de calor por conducción</i>	31
<i>Ecuación 11.- Gradiente de temperatura</i>	32
<i>Ecuación 12.-Ley de enfriamiento de Newton</i>	33
<i>Ecuación 13.-Ley Stefan Boltzman</i>	33
<i>Ecuación 14.-Potencia emisiva superficial</i>	34
<i>Ecuación 15.-Irradiación absorbida</i>	34
<i>Ecuación 16.-Flujo de radiación entre emisión y absorción</i>	34
<i>Ecuación 17.- Flujo de radiación entre emisión y absorción en una superficie gris</i>	34
<i>Ecuación 18.-Intercambio neto de calor por radiación</i>	35
<i>Ecuación 19.-Coeficiente de transferencia de calor por radiación</i>	35
<i>Ecuación 20.- Ecuación viscosímetro rotacional por Barnes (García Quezada, 2008)</i>	37
<i>Ecuación 21.-Ecuación viscosímetro rotacional Whorlow Barnes (García Quezada, 2008).</i>	38
<i>Ecuación 22.- Ecuación viscosímetro de placas paralelas (García Quezada, 2008).</i>	38
<i>Ecuación 23.-Ecuaciones viscosímetro rotacional cono-placa (García Quezada, 2008)</i>	39
<i>Ecuación 24.- Calculo del calor especifico chocolate</i>	50

Capitulo 1.- Introducción General

1.1 Introducción

El Ecuador ha sido un país cacaotero desde principios del siglo XVII donde ya existían importantes plantaciones de cacao a orillas del río Babahoyo y también en algunas zonas cercanas a la ciudad de Guayaquil. A finales del siglo XIX, el Ecuador se perfilaba como el primer productor de cacao del mundo con cifras que bordeaban las 40.000 Tm por año (“Historia” ANECACAO - Ecuador). Con el paso del tiempo, otros países adoptaron este tipo de cultivo y en la actualidad hay más de 17 naciones que compiten por los primeros lugares en la producción mundial, aparte de esto mundialmente existen 29 países consumidores o compradores de cacao. El Ecuador es poseedor de uno de los más finos cacaos aromáticos, los cuales son muy cotizados entre los elaboradores de chocolate fino y tiene un alto valor en el mercado. El Ecuador exporta anualmente 190.086 Tm de cacao (“Estadísticas” ANECACAO - Ecuador) cubriendo un 3 % del consumo global (“Estadísticas”2005, ICCO). En general, se ha establecido recientemente que el 44% de las exportaciones importantes van a Estados Unidos de Norte América y el 36% a Europa (“Estadísticas”2005, ICCO).

Al tener tan buena acogida la sepa (“planta”) del cacao aromático originario de Ecuador los agricultores han decidido retomar este frente económico a través de una recuperación del cultivo de la sepa originaria. Pero a su vez los agricultores y gente innovadora del Ecuador dando cuenta del gran valor de nuestro cacao decidieron que es mejor la exportación de un producto elaborado dando un mayor rédito a sus ganancias y una mayor valía económica al país. Esto implica reducir las exportaciones de cacao e iniciar programas de emprendimiento para la producción de chocolate; estas ideas innovadoras conllevan un beneficio económico y social al país, generando fuentes de trabajo y la oportunidad de crear productos que pueden ser vendidos globalmente, generando más que una simple divisa económica.

Es así que actualmente se puede encontrar empresas como CAONI, PACARI, CHOCOFREAK CHOCOLATECA, BIOS, CHOCOLATERÍA QUITO DULCE, CHOCOLATES HELTSS CHOCONO, LA PERLA INEDULCES, LA CASITA DEL CHOCOLATE, REPUBLICA DEL CACAO entre otros.

Estos productores están tratando de realizar esta innovación, pero a su vez un sector mediano, micro y artesanal, que están tratando de aprovechar el cacao para poder producir chocolate fino de exportación; sin embargo, al no contar con un proceso de producción de calidad no logran obtener un chocolate de calidad, lo cual se puede apreciar en el producto final. Un problema importante en este proceso, especialmente para los chocolateros artesanales y micro-empresarios radica en que la maquinaria comercial es de grandes volúmenes y es extremadamente costosa.

1.2. Antecedentes

Partiendo de una iniciativa surge un proyecto para cubrir la necesidad de cualquier productor de chocolate ya sea de una mediana o micro empresa, pero también poder satisfacer esta necesidad a los productores artesanales. Entre la Universidad San Francisco de Quito y el ejecutor de este proyecto, se decide desarrollar el mismo tras diseñar, construir una máquina fundidora de chocolate con las especificaciones y requerimientos del mercado local.

1.3. Objetivos Generales

El principal objetivo del proyecto es dar una solución al problema en la producción de chocolate, donde hasta el 2012 se venía desarrollando un proceso artesanal y la fase de fundición se desarrollaba manualmente.

Establecer un antecedente a seguir para solucionar los problemas de las pequeñas, medianas y micro empresas, a su vez de productores artesanales que deseen tecnificarse para poder incrementar su producción hacia algo industrial sin perder la calidad del chocolate.

1.4. Objetivos específicos

- Diseñar una máquina que sea fácil de mover y ocupar un espacio máximo de 1 m².
- El Motor debe ir en la parte superior y funcionar constantemente.
- Debe ser de fácil colocación y extracción del chocolate (ergonómico).
- Cilindro debe tener una capacidad máxima de 45 lt.
- El rango máximo de agitación debe de ser de 30 RPM
- Los componentes de la maquina debe de ser completamente sanitaria.
- La máquina debe de ser estética.

1.5. Justificación

El país carece de innovación y el registro de patentes por año es escaso. Partiendo de que el motor de una empresa es la innovación, para poder competir en un mundo globalizado, la empresa privada debe trabajar conjuntamente con las universidades con el fin de crear tecnología e innovación que sean aplicables a nuestro medio. Según el Instituto Ecuatoriano de Propiedad Intelectual IEPI en una noticia publicada en su portal de internet el Lunes 25 de julio 2011 da a conocer que en 10 años de funcionamiento de este organismo se ha presentado solo 44 referencias de patentes nacionales, es decir a 4 patentes por año; mientras que en otros países existe una gran cantidad de estas.

Mundialmente se registran 350.000 patentes anuales eso quiere decir que en Ecuador contribuimos con el 0.001% de patentes registradas a nivel mundial. Según este mismo organismo se receptan anualmente unas 1000 referencias de patentes extranjeras para poder registrarlas en nuestro país.

Lo que significa productos importados y no elaborados.

Al conocer la relativa carencia de productos patentados por nuestro país la Universidad San Francisco de Quito que tiene como misión ser una universidad referente para Ecuador y América Latina en Artes Liberales, emprendimiento,

desarrollo científico, tecnológico y cultural a permitido que como estudiante de Ingeniería Mecánica al conocer de esta necesidad existente, se propone realizar una máquina inexistente en el mercado que supla las necesidades de la industria del chocolate ; dejando abierta la posibilidad de realizar los respectivos trámites para proceder con el proceso de registro de la patente. Con el fin de promover la investigación en la universidad y el desarrollo de patentes en el Ecuador.

1.6. Área Académica

Este proyecto de Tesis abarca aéreas conjuntas del Colegio de Ciencias e Ingeniería Politécnico de la Universidad San Francisco de Quito. Es así que por primera vez se realiza una tesis conjuntamente en colaboración de: Mecánica, Química, Alimentos, Eléctrica y Electrónica, aportando múltiples conocimientos para la elaboración de este proyecto de tesis.

Capitulo 2.- Marco Teórico

2.1.-Chocolate

El chocolate se deriva del fruto del árbol del cacao que los botánicos suecos designaron como *Theobroma cacao*, que en griego significa “alimento de los Dioses”. Pero mucho tiempo atrás el chocolate fue disfrutado como bebida por antiguas civilizaciones mesoamericanas como la maya, azteca y tolteca. El árbol del cacao es originario de Sudamérica y fue llevado a México por los Mayas durante el siglo VII d.C. Los aztecas también creían en la teoría de que el chocolate les era enviado desde el cielo, pensando que era un regalo de su dios Quetzalcoatl. Los olmecas lo llamaban “Regalo de los Dioses”, denominación que tomó en cuenta el gran naturalista Karl Linnaeus (1707-1778) cuando le dio su nombre científico. La palabra “chocolate” proveniente del nahuatl *xocolat*, que significa “agua amarga” refiriéndose a la bebida usada por los aztecas que preparaban con semillas de cacao molidas. Cristóbal Colón compró granos de cacao y los llevo a España, pero fue Hernán Cortés quien tiene el crédito de haber popularizado el chocolate en Europa. Cortés probó el chocolate por primera vez en una ceremonia azteca con el emperador Moctezuma. (Quiroz, 2010)

Existen diversos tipos de chocolate todos dependientes de la fórmula única de cada fabricante, pero entre los más conocidos son:

Chocolate de cobertura: Utilizado por los reposteros profesionales para cubrir bombones y pasteles, o bien, para rellenarlos y cuentan con una elevada calidad. Este chocolate puede ser moldeado en capas sumamente finas ya que tiene un 32% de manteca de cacao que lo facilita. (ORGANIZATION, 2012)

Chocolate blanco: Esta clase de chocolate contiene bajas proporciones de cacao sólido, y está hecho a base de manteca de cacao, leche, azúcar y edulcorantes y su sabor suele tener la misma intensidad que el del negro. Hay algunos fabricantes que reemplazan a la manteca de cacao con edulcorantes sintéticos y aceites vegetales. (ORGANIZATION, 2012)

Chocolate fondant: este tipo de chocolate está compuesto por un 40% de pasta cacao y un 40% de mantequilla de cacao. Es muy utilizado en la repostería para la cobertura de bombones, tortas y tartas. (ORGANIZATION, 2012)

Chocolate con leche: la combinación de cacao con leche hace que algunos expertos en la materia no lo consideren como chocolate propiamente dicho. A pesar de esto, se pueden encontrar variedades de esta clase de chocolate que llegan a tener un 50% de cacao, aunque en la mayoría de los casos llegan al 20%. Para fabricar algunos chocolates con leche utilizan grasa vegetal y edulcorantes artificiales en reemplazo de la manteca de cacao. (ORGANIZATION, 2012)

Chocolate amargo: también conocido como negro, o sin leche, contiene cacao puro en por lo menos un 34% de su composición. A medida que este porcentaje se incrementa, mejor será la calidad del chocolate, de hecho, los de alta calidad deben tener por lo menos un 60% de cacao. Los chocolates amargos de alta calidad se caracterizan por contener pocas proporciones de azúcar, solo se la usa para que el sabor mejore, por lo que nunca debe usarse en exceso. Además, los de alta calidad contienen vainilla proveniente de Madagascar, que resulta sumamente costosa y la lecitina con la que cuentan es mínima. Hay algunos chocolates sin azucarar que llegan a tener un 98% de cacao aunque resultan difíciles de conseguir. (ORGANIZATION, 2012)

Chocolate en polvo: esta variante de chocolate no suele utilizarse para la repostería sino más bien para la preparación de bebidas. Está compuesto por azúcar, harina y cacao en polvo. (ORGANIZATION, 2012)

2.2.-Baño María

Es un método de cocción con el que se proporciona calor indirecto por medio de convección térmica a través de un medio conductivo (agua), ofreciendo una temperatura, uniforme y constante.

Consiste en introducir un recipiente con los ingredientes a cocinar dentro de otro recipiente mayor que contiene agua, éste se lleva al fuego y es el agua el hilo conductor que dará calor indirecto al contenido del recipiente de menor tamaño, cocinándolo de forma homogénea.

A través del baño maría elaboramos postres tan tradicionales como el flan, el pudín o el paté, es un método ideal para calentar elaboraciones delicadas, fundir chocolate sin temor a que se quemé, y es el proceso que seguimos para hacer conservas caseras, entre otras tantas aplicaciones. (VelSid, 2008)

2.3.-Reología

La Reología es una disciplina científica que se dedica al estudio de la deformación y flujo de la materia o, más precisamente, de los fluidos. (Barnes, Hutton, & Walters, 1989).

El campo de la reología está restringido a la observación del comportamiento de materiales sometidos a deformaciones muy sencillas que en muchos casos se puede desarrollar una relación constitutiva o modelo matemático que permite obtener las propiedades que caracterizan el material. Estas relaciones constitutivas tienen varios usos en la práctica, dependiendo del objetivo del estudio de cada tipo de material. (Barnes, Hutton, & Walters, 1989)

En tal sentido pueden distinguirse dos objetivos principales:

- Predecir el comportamiento macroscópico del fluido bajo condiciones de proceso para lo cual se hace uso de las relaciones constitutivas y de las funciones materiales. (Barnes, Hutton, & Walters, 1989)
- Estudiar de manera indirecta la microestructura del fluido y evaluar el efecto de varios factores sobre dicha micro estructura. Para esto se comparan las funciones materiales o propiedades reológicas. (Barnes, Hutton, & Walters, 1989)

2.4.-Fluidos Newtonianos

La Ley de la viscosidad de Newton establece que en movimientos de fluidos laminares existe una relación lineal entre las tensiones tangenciales y los gradientes de velocidad, puede considerarse que la viscosidad es constante en el tiempo no cambia. La curva que muestra la relación entre el esfuerzo o cizalla contra su tasa de deformación es lineal (Sámano Tirado & Sen, 2009).

La ecuación constitutiva de para un fluido Newtoniano es:

$$\begin{aligned}\boldsymbol{\tau} &= -p\boldsymbol{\delta} + \lambda\boldsymbol{\delta}\nabla \cdot \mathbf{U} + \mu (\nabla\mathbf{U} + (\nabla\mathbf{U})^T) \\ \tau_{ij} &= -p\delta_{ij} + \lambda\delta_{ij} \frac{\partial U_k}{\partial x_k} + \mu \left(\frac{\partial U_i}{\partial x_j} + \frac{\partial U_j}{\partial x_i} \right)\end{aligned}$$

Ecuación 1.- Ecuación constitutiva fluido Newtoniano

Donde

τ .-Esfuerzo cortante o tensor de esfuerzos

δ .-Densidad

U .-Velocidad cinemática del fluido

T .-Temperatura

μ .-Viscosidad del fluido

p .-Presión del fluido

En donde el tensor de esfuerzos al realizar varias consideraciones puede representarse de la siguiente forma (Sámano Tirado & Sen, 2009):

$$\boldsymbol{\tau} = \begin{bmatrix} -p & \mu \frac{\partial u}{\partial y} & 0 \\ \mu \frac{\partial u}{\partial y} & -p & 0 \\ 0 & 0 & -p \end{bmatrix}$$

Ecuación 2.- Matriz de Tensor esfuerzos fluidos Newtonianos

Donde

τ .-Esfuerzo cortante o tensor de esfuerzos

δ .-Densidad

U .-Velocidad cinemática del fluido

T .-Temperatura

μ .-Viscosidad del fluido

p .-Presión del fluido

2.5.-Fluidos No Newtonianos

Existen algunas sustancias industrialmente importantes que no se comportan siguiendo la ley de Newton de la viscosidad, ya que su viscosidad a una temperatura y presión dadas es función del gradiente de velocidad o velocidad de deformación. A los fluidos cuya relación entre tensión versus velocidad de deformación no es proporcional, se los ha denominado fluidos no newtonianos. (Ibarrola, 2010)

La Mecánica de los Fluidos se ocupa del estudio de los fluidos newtonianos exclusivamente; mientras que los fluidos no-newtonianos son parte de una ciencia más amplia denominada Reología.

Los fluidos que no siguen la relación de proporcionalidad entre tensiones tangenciales (τ) y velocidades de deformación ($\dot{\gamma}$) se los clasifica en 3 grupos:

- Fluidos no newtonianos independientes del tiempo para los cuales se verifica:

$$\tau = f(\dot{\gamma})$$

Ecuación 3.-Fluidos no newtonianos independientes del tiempo

- Fluidos no newtonianos dependientes del tiempo en los que la relación anterior es más compleja, y que puede expresarse como:

$$\tau = f(\dot{\gamma}, t, \text{historia})$$

Ecuación 4.-Fluidos no newtonianos dependientes del tiempo.

- Fluidos visco-elásticos, en los que a diferencia de los viscosos donde la energía de deformación es disipada totalmente, esa energía puede recuperarse como sucede en los sólidos elásticos. (Ibarrola, 2010)

Se sabe que el chocolate es un fluido no newtoniano independiente del tiempo.

Los fluidos no newtonianos independientes del tiempo, se caracterizan porque las tensiones tangenciales dependen únicamente de la velocidad de deformación.

Existen cuatro tipos de fluidos no newtonianos independientes del tiempo como se ve en la ilustración 26:

- Plástico de Bingham
- Plástico Real
- Pseudoplástico (Chocolate)
- Dilatante

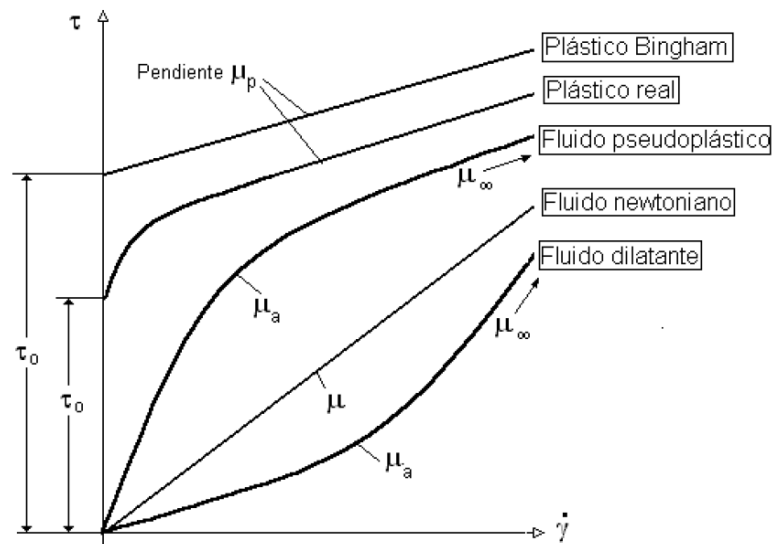


Ilustración 1.-Fluidos No Newtonianos independientes del tiempo.

Para nuestro caso solamente se enfocara en lo que es un fluido Pseudoplástico. Son los fluidos en los cuales la viscosidad aparente disminuye con el aumento del gradiente de velocidad como se muestra en la ilustración 2.

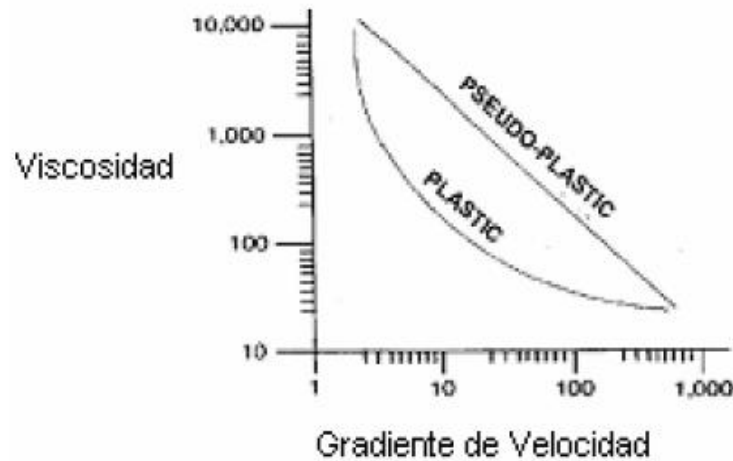


Ilustración 2.- Fluidos Pseudoplásticos

Estos fluidos no tienen una tensión de fluencia para que comiencen a deformarse, pero la viscosidad medida por la pendiente de la curva $\tau = f(\dot{\gamma})$ es alta para bajas velocidades de deformación, y decrece con el incremento de $\dot{\gamma}$ hasta alcanzar un valor asintótico $\propto \mu$ constante. La relación más simple que describe el comportamiento de los fluidos pseudoplásticos es la denominada ley potencial o de Ostwald que puede escribirse como (Ibarrola, 2010):

$$\tau = k\dot{\gamma}^n$$

Ecuación 5.-Law of power o de Ostwald

Donde k y n son constantes para un fluido particular. La constante k es una medida de la consistencia del fluido y se denomina índice de consistencia, y el exponente n es indicativo de la desviación respecto al fluido con comportamiento newtoniano y se lo suele llamar índice de comportamiento. Obsérvese que cuando $n = 1$, y $k = \mu$ la ecuación 1 representa a un fluido newtoniano.

Para estos fluidos se define un coeficiente de viscosidad aparente, como (Ibarrola, 2010):

$$\mu_a = \frac{\tau}{\dot{\gamma}}$$

Ecuación 6.- Viscosidad aparente.

Cuando el fluido se modela con la ley potencial, el coeficiente de viscosidad aparente reemplazando la ecuación 1 en la 2 resulta (Ibarrola, 2010):

$$\mu_a = k\dot{\gamma}^{(n-1)}$$

Ecuación 7.- Viscosidad aparente en la ley de Ostwald

La ley potencial tiene un defecto, y es que cuando $\dot{\gamma} \rightarrow 0$ la viscosidad aparente $\mu_a \rightarrow \infty$ lo cual es físicamente imposible. Además la constante de consistencia k tiene dimensiones que depende de n, y éste coeficiente no se mantiene constante en ciertos intervalos de flujo. A pesar de estas insuficiencias, el modelo de la ley potencial por su simplicidad resulta sumamente útil para abordar el tratamiento de algunos tipos de problemas como el de flujos en tuberías. Otras ecuaciones empíricas que permiten modelar con mejor aproximación un fluido Pseudoplástico y que superan las carencias de la ley potencial son las siguientes (Ibarrola, 2010):

$$\tau = A \sin^{-1} \left(\frac{\dot{\gamma}}{C} \right) \text{ Ley de Prandtl}$$

$$\tau = \frac{\dot{\gamma}}{B} + C \sin \left(\frac{\tau}{A} \right) \text{ Ley de Eyring}$$

$$\tau = A\dot{\gamma} + B \sinh^{-1}(C\dot{\gamma}) \text{ Ley de Powell Eyring}$$

$$\tau = \frac{A\dot{\gamma}}{(B+\dot{\gamma})+\mu_\infty\dot{\gamma}} \text{ Ley de Williamson (Ibarrola, 2010)}$$

Donde A, B y C son constantes características de cada fluido particular.

El uso de ley potencial para el análisis de fluidos pseudoplásticos es adecuado para muchas aplicaciones de ingeniería. Las otras aproximaciones para modelar este tipo de fluido conducen a análisis más complejos debiendo recurrirse a programas computacionales muy elaborados que se basan en leyes empíricas obtenidas de mediciones de las propiedades viscosas del fluido. (Ibarrola, 2010)

2.6.-Capacidad calorífica

Se define la capacidad calorífica como la cantidad de calor que hay que suministrar a toda la masa de una sustancia para elevar su temperatura en una unidad (kelvin o grado Celsius). Se la representa con la letra C (mayúscula).

La Capacidad Calorífica es una propiedad extensiva de la materia es decir depende del tamaño de un sistema, al ser cociente, es decir el resultado de la división de dos propiedades extensivas de la materia da como resultado una propiedad intensiva. (Cengel & Boles, 2007)

2.7.-Calor Específico

El calor específico es una magnitud física que se define como la cantidad de calor que hay que suministrar a la unidad de masa de una sustancia o sistema termodinámico para elevar su temperatura en una unidad (kelvin o grado Celsius). En general, el valor del calor específico depende de dicha temperatura inicial. Se le representa con la letra c (minúscula). (Cengel & Boles, 2007)

El Calor específico es una propiedad intensiva de la materia por lo tanto, el calor específico es el cociente entre la capacidad calorífica y la masa, esto es:

$$c = \frac{C}{m}$$

*Ecuación 8.-*Calor específico

Donde:

m.- Es la masa de la sustancia

Para sacar el calor específico del chocolate se puede emplear la siguiente fórmula:

$$c_{prom} = 1674.72G + 837.36SSG + 4186.8H \left(\frac{J}{Kg \cdot ^\circ K} \right)$$

Ecuación 9.- Formula calor específico del chocolate (*Peña Ramos & Parra Sosa, 2007*)

Donde:

G.- Fracción de masa de grasa

H.- Fracción de masa de humedad
SSG.- Fracción de masa de sólidos

2.8.-Transferencia de calor

La transferencia de calor es la energía térmica en tránsito debido a una diferencia de temperatura espacial. (Incopera, 1999).La transferencia de calor existirá hasta que se pueda equilibrar las energías o en este caso las temperaturas de un sistema.

Existen tres tipos de transferencia de calor los cuales son:

- Conducción
- Convección
- Radiación

Transferencia de calor por Conducción

La transferencia de calor por conducción implica no otra cosa que la transferencia de energía de las partículas más energéticas a las menos energéticas de una sustancia debido a las interacciones entre ellas. (Incopera, 1999)

Es decir se transfiere energía térmica entre dos sistemas por medio del contacto directo de las partículas sin un flujo neto de masa o materia. Existen innumerables ejemplos de transferencia de calor por conducción, pero como ejemplo se pueden nombrar los más comunes como son una cuchara metálica que se introduce dentro de una taza de café o alguna bebida caliente, con lo que se puede observar que la cuchara empezara a calentarse en el extremo que nosotros la sujetamos.

La transferencia de calor por conducción esta dictaminada por la ley de Fourier:

$$q_x'' = -k \frac{dT}{dx}$$

Ecuación 10.- Ley de Fourier para Transferencia de calor por conducción
Donde:

q_x'' .-Es el flujo de calor o transferencia de calor por unidad de área W/m² que no es otra cosa que la velocidad con que se transfiere el calor en una dirección x por aérea

unitaria a la dirección de transferencia y es proporcional al gradiente de temperatura dT/dx .

k .- Constante de conductividad térmica que es una característica o propiedad de cada material W/m.K.

dT/dx .-Gradiente de temperatura el cual se puede expresar como:

$$\frac{dT}{dx} = \frac{T_2 - T_1}{L}$$

Ecuación 11.- Gradiente de temperatura

Transferencia de Calor por convección

La transferencia de calor por convección se da por medio de dos modos: el primer modo es la difusión que es la energía transferida debido al movimiento aleatorio de las partículas, y el segundo modo es la transferencia debido al movimiento global macroscópico del fluido. (Incopera, 1999) Cabe aclarar que solamente los fluidos producen este tipo de transferencia de calor, es así que cuando se habla del transporte debido al movimiento volumétrico de un fluido se lo llamara advección.

La transferencia de calor por convección puede estar dada de tres formas:

- Convección Forzada.- Cuando el flujo es causado por medios externos como un ventilador, una bomba.
- Convección Natural.- También llamada libre es cuando el flujo del fluido es inducido por fuerzas de empuje que surgen a partir de diferencia de densidad ocasionadas por las variaciones de temperatura.
- Convección Mixta.- Que es una combinación de la forzada y la natural.

Por lo general el calor que se transmite durante la convección es llamado calor sensible o energía térmica interna del fluido, pero en otras ocasiones en ciertos procesos existe el intercambio de calor latente que es asociado al calor transmitido cuando existe un cambio de fase entre los estados líquido y vapor de fluido. (Incopera, 1999)

El modelo matemático esta dado por la ley de enfriamiento de Newton:

$$q'' = h(T_{sur} - T_{\infty})$$

Ecuación 12.-Ley de enfriamiento de Newton

En donde:

q'' .-Es el flujo de transferencia de calor por convección es dado por la diferencia de temperaturas entre la superficie y el fluido W/m²

h .-Constante de proporcionalidad W/m².K

T_{sur} .-Temperatura de la superficie.

T_{∞} .-Temperatura del fluido. (Incopera, 1999)

Transferencia de Calor por Radiación

La radiación térmica es la energía emitida por la materia que se encuentra en una temperatura finita. La radiación puede provenir de superficies sólidas, líquidas o de materiales gaseosos. Es decir sin importar la forma de la materia la radiación se puede atribuir al cambio o alteraciones en las configuraciones de los átomos o de moléculas constitutivos. Es transportada por ondas electromagnéticas y a diferencia de las transferencias de calor por convección y radiación no requiere de un medio para poder ser transportado de hecho la radiación se transporta mejor en el vacío. (Incopera, 1999)

La materia emite radiación y la velocidad con que libera energía por unidad de área W/m² se denomina potencia emisiva superficial E , siendo el límite de esta dado por la ley de Stefan Boltzman la cual establece:

$$E_b = \sigma T_s^4$$

Ecuación 13.-Ley Stefan Boltzman

Donde:

T_s^4 .Temperatura absoluta °K de la superficie

σ .Constante de Stefan Boltzman $5,67 * 10^{-8}$ la cual se considera radiación ideal o de cuerpo negro. (Incopera, 1999)

El flujo real emitido por una superficie esta dado por la siguiente ecuación gobernante:

$$E = \sigma \varepsilon T_s^4$$

Ecuación 14.-Potencia emisiva superficial

Donde ε es la emisividad y es la eficiencia que tiene un material para irradiar energía y varía en un rango ente 0 y 1.

La radiación que incide sobre un área de una superficie se conoce como irradiación G generalmente proviene de una fuente especial como ejemplo se puede tomar el sol. Mientras que la velocidad con que un material puede absorber esa irradiación se lo denomina absorptividad α y esta dado por las características internas de cada material, por lo general está entre un rango de 1 a 0. Si $\alpha < 1$ esta superficie será opaca y la irradiación se reflejara completamente. Por lo tanto:

$$G_{abs} = \alpha G$$

Ecuación 15.-Irradiación absorbida

Al juntar todas estas expresiones de radiación podemos dar un modelo matemático que contenga la irradiación como la absorptividad y la emisividad:

$$q_{rad}'' = \varepsilon E_b T_s - \alpha G$$

Ecuación 16.-Flujo de radiación entre emisión y absorción

Si se asumen una superficie gris se sabe que:

$$q_{rad}'' = \varepsilon \sigma (T_s^4 - T_{sur}^4)$$

Ecuación 17.- Flujo de radiación entre emisión y absorción en una superficie gris

Pero conviene en muchas ocasiones expresar de forma:

$$q_{rad} = h_r A (T_s - T_{sur})$$

Ecuación 18.-Intercambio neto de calor por radiación

$$h_r = \varepsilon\sigma(T_s^2 + T_{sur}^2)(T_s + T_{sur})$$

Ecuación 19.-Coefficiente de transferencia de calor por radiación

2.9.-Viscosímetros rotacionales

Los viscosímetros rotacionales constan básicamente de dos partes concéntricas que se encuentran separadas por un fluido a estudiarse. Estos componentes tienen diferentes configuraciones entre sí dependiendo de los accesorios y sus figuras geométricas que cada fabricante de viscosímetros les da. Es así que cada compañía según sus accesorios ha desarrollado sus propias ecuaciones que incluyen correcciones para fluidos no newtonianos.

Para explicar el funcionamiento de un viscosímetro se puede agrupar en tres grupos conocidos de accesorios:

- Viscosímetros de cilindros concéntricos. Utilizado en las pruebas en la universidad San Francisco de Quito
- Viscosímetros de placas paralelas. Utilizado en las pruebas hechas en la Escuela Politécnica Nacional del Ecuador
- Viscosímetros de cono-placa.

Antes de explicar más extensamente cada uno se debe definir como trabajan los viscosímetros.

Los viscosímetros basan su medida en la fuerza necesaria para hacer girar un accesorio en el interior del fluido a una velocidad de giro dada; Es decir se mide el esfuerzo necesario para producir una determinada velocidad angular. La ecuación regente de gran parte de los viscosímetros rotacionales es la de Couette la cual se explica a continuación:

Considérese dos placas paralelas infinitas separadas por una distancia h entre las cuales existe un fluido una de las placas se mueve con una velocidad U_0 con respecto de la otra y en una dirección paralela a la misma.

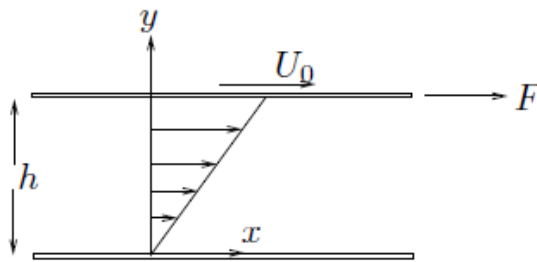


Ilustración 3.- Flujo entre dos placas paralelas

Donde la matriz de tensores de esfuerzos viene dada por:

$$\boldsymbol{\tau} = \begin{bmatrix} -p & \frac{\mu U_0}{h} & 0 \\ \frac{\mu U_0}{h} & -p & 0 \\ 0 & 0 & -p \end{bmatrix}$$

Ilustración 4.- Matriz de esfuerzos tensores en un flujo de Couette
(Sámano Tirado & Sen, 2009)

Donde:

τ .-Esfuerzo cortante o tensor de esfuerzos

δ .-Densidad

U .-Velocidad cinemática del fluido

T .-Temperatura

μ .-Viscosidad del fluido

p .-Presión del fluido

Viscosímetros de cilindros concéntricos

Uno de los primeros viscosímetros utilizados en el mundo, de una gran versatilidad que manteniendo el concepto y modificando el accesorio que va conectado al rotor se puede medir cualquier tipo de fluido newtoniano y no newtoniano. Su concepto es

básico dos cilindros concéntricos el uno fijo y el otro sujetado a un rotor, entre estos cilindros el fluido que quiere estudiarse. (García Quezada, 2008)

Este tipo de instrumentos pueden realizar las medidas de dos formas:

- Haciendo girar uno de los elementos con un cierto par de fuerzas y midiendo la velocidad de giro provocada.
- Provocando una velocidad de giro en uno de los elementos y midiendo el parte fuerzas opuesto.

La ecuación cumple con la siguiente ecuación: (Barnes, Hutton, & Walters, 1989):

$$\tau = \frac{M}{2\pi R_b^2 L}$$

$$\frac{d\gamma}{dt} = \frac{2\omega R_c^2 R_b^2}{x^2 (R_c^2 - R_b^2)}$$

Ecuación 20.- Ecuación viscosímetro rotacional por Barnes (*García Quezada, 2008*)

Donde:

τ .- Esfuerzo de deformación o esfuerzo de cizalla.

$\frac{d\gamma}{dt}$.-Velocidad de deformación o velocidad de cizalla.

M .-Par de fuerzas aplicado por unidad de longitud de cilindro sumergido en el fluido.

$\omega = \frac{2\pi}{60N}$ N.-Es la velocidad angular en rpm.

R_c .-Radio del contenedor de la muestra.

R_b .-Radio de cuerpo de giro.

x .-Punto donde se desea determinar la velocidad de cizalla.

En la mayoría de los casos se desprecia la distancia entre cilindros de manera que la velocidad de deformación sea aproximadamente constante a lo largo del espacio anular, al igual que el esfuerzo de deformación. De esta forma, para un radio medio R_a , se cumple:

$$\tau = \frac{M}{2\pi R_a^2}$$

$$\frac{d\gamma}{dt} = \frac{R_{ai}^2}{(R_2 - R_1)^w}$$

Ecuación 21.-Ecuación viscosímetro rotacional Whorlow Barnes (*García Quezada, 2008*).

Viscosímetros de placas paralelas.

En este caso el fluido se encuentra entre dos placas paralelas, la superior giran y la inferior permanece inmóvil. Los elementos de fluido cercanos a la placa móvil tendrán una velocidad superior a la que tienen los que se encuentran próximos a la placa fija. Así pues, la cizalla se produce desde la placa de abajo hacia la de arriba (*García Quezada, 2008*).

En un viscosímetro de placas paralelas, se pueden calcular la velocidad de cizalla máxima y la viscosidad mediante las ecuaciones:

$$\dot{\gamma}_m = \frac{d\gamma}{dt} = \frac{\Omega}{l} R$$

$$\eta = \frac{3M}{2\pi R^3 (\dot{\gamma}_m)} \left[1 + 3 \frac{d \ln M}{d \ln (\dot{\gamma})} \right]$$

Ecuación 22.- Ecuación viscosímetro de placas paralelas (*García Quezada, 2008*).

Donde:

τ .-Esfuerzo de deformación o esfuerzo de cizalla

$\frac{d\gamma}{dt}$.-Velocidad de deformación o velocidad de cizalla.

R .-Radio del plato.

l .-Distancia entre placas (GAP, espesor de muestras)

M .-Par de fuerzas aplicado.

Ω .-Velocidad de giro.

η .-Viscosidad aparente

Viscosímetro de cono-placa.

Su funcionamiento se basa en la cizalla presente en un líquido situado en el espacio comprendido entre un cono y una placa, siendo el ángulo (α) entre ambos muy pequeño inferior a 4° . En la mayoría de los viscosímetros rotacionales la velocidad de cizalla cambia con la distancia al centro de rotación. Sin embargo, en el viscosímetro de cono-placa la velocidad de cizalla a lo largo del espaciado del cono es constante, ya que el espaciado entre el cono y el plato aumenta al aumentar la distancia al centro. Para fluidos no newtonianos no es necesario llevar a cabo correcciones, siendo posible aplicar las ecuaciones para fluidos newtonianos (García Quezada, 2008):

$$\eta = \frac{3 \alpha M}{2 R_c^3}$$

$$\tau = \frac{3 M}{2 \pi R_c^3}$$

$$\dot{\gamma} = \frac{\Omega}{\alpha}$$

Ecuación 23.-Ecuaciones viscosímetro rotacional cono-placa (García Quezada, 2008)

Donde:

τ .-Esfuerzo de deformación.

$\dot{\gamma}$.-Velocidad de deformación o velocidad de cizalla.

R_c .- Radio del cono.

Ω .-Velocidad de giro.

α .-Ángulo del cono.

Capitulo 3.- Pre Diseño

3.1.-Requerimientos Técnicos

Al ser una máquina que tiene como principio satisfacer las demandas del mercado local tanto como de pequeños artesanos como de pequeños comerciantes que trabajan con chocolate, motivo por el cual era necesario realizar un contacto con ese mundo empresarial para poder escuchar sus necesidades y preestablecer requerimientos básicos de diseño de la máquina fundidora de chocolate. Es así que con colaboración de Cyril-Boutique una empresa dedicada a la elaboración de chocolates artesanales y a su vez siendo una panadería pastelería innovadora, conjuntamente con el Colegio de Artes Culinarias de la Universidad San Francisco de Quito se definió los siguientes requerimientos:

Requerimientos de Diseño

- La máquina debe estar en capacidad de funcionar los 365 días del año, en dos jornadas; parando solo para limpieza y/o mantenimiento.
- Todo el sistema debe ser fácil de mover y ocupar un espacio máximo de 1 m².
- Motor debe ir en la parte superior y funcionar constantemente.
- Debe ser de fácil colocación y extracción del chocolate (ergonómico).
- Cilindro debe tener una capacidad máxima de 45 lt.
- El material a emplearse debe ser resistente a la corrosión y sin revestimiento para evitar que se desprenda el mismo y se contamine el producto.
- El rango máximo de agitación debe de ser de 30 RPM
- Los componentes de la máquina debe de ser completamente sanitaria.
- Los componentes de la máquina deben de ser fácilmente removibles para la limpieza.
- La máquina debe de ser estética.

3.2.-Componentes Básicos

Estructura

Tener sensores entre la tapa y la estructura permitirá detectar cuando esta se abre y así parar el giro de las paletas, con el fin de evitar algún accidente.

Un cilindro con fondo plano, el mismo que constaría de tres compartimientos:

1. Cámara contenedora del aislante.
2. Cámara contenedora de un fluido.
3. La cámara donde estaría el chocolate.

A parte la estructura para el motor sería acoplada al cilindro; se colocaría soportes con ruedas en la base del cilindro para alivianar el peso en la armazón y finalmente la salida del chocolate por la parte lateral del cilindro.

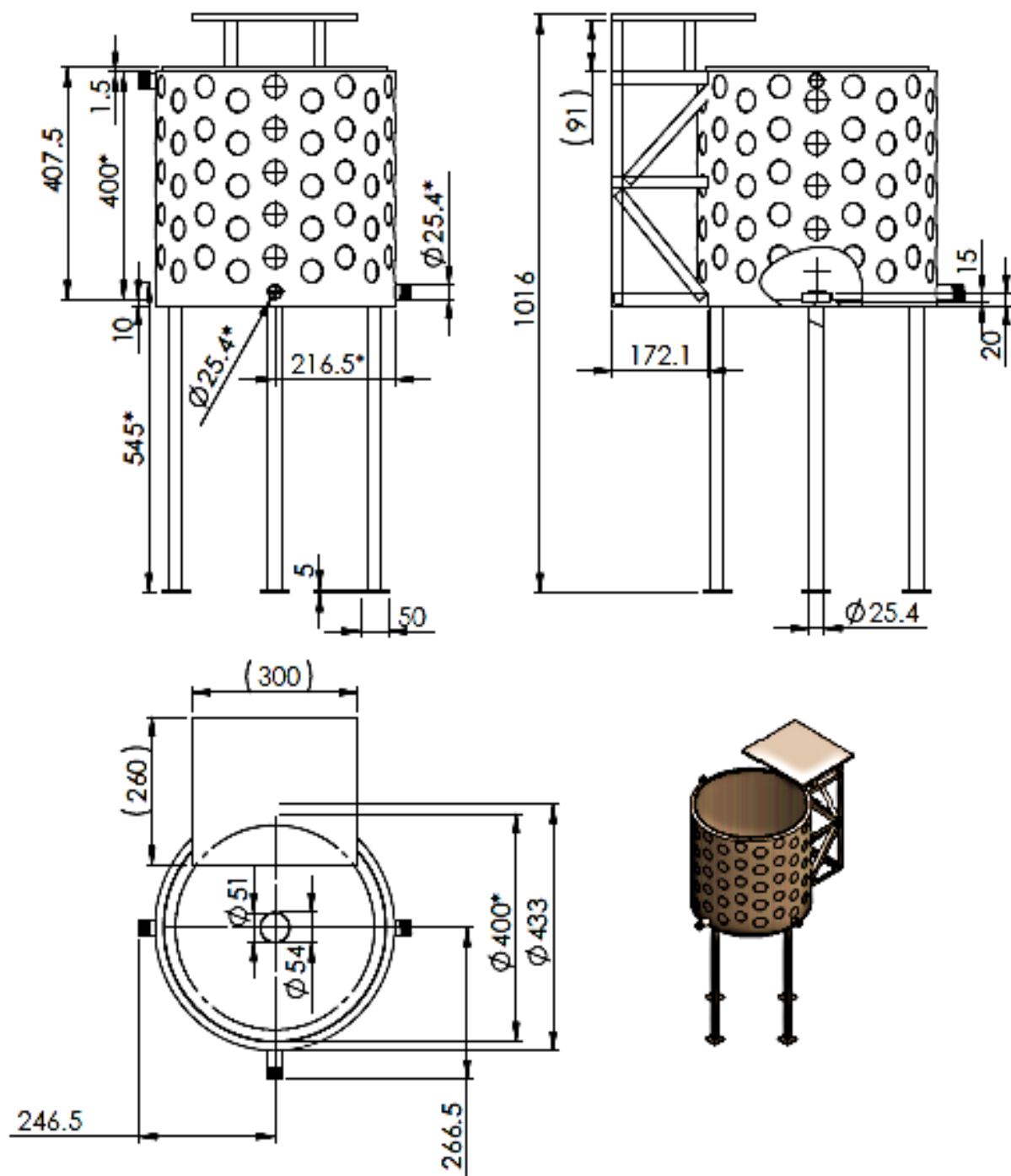


Ilustración 5.-Pre diseño del cilindro

Al tener las dimensiones del cilindro, se realizó un primer dimensionamiento de del sistema de agitación, el cual sería un marco cuadrado montado sobre un eje de acero, dentro del marco planchas de acero cuadradas capaces de ser movibles y colocadas en forma escalonada y asimétrica. La cantidad de paletas y su ubicación es acorde con los requerimientos técnicos.

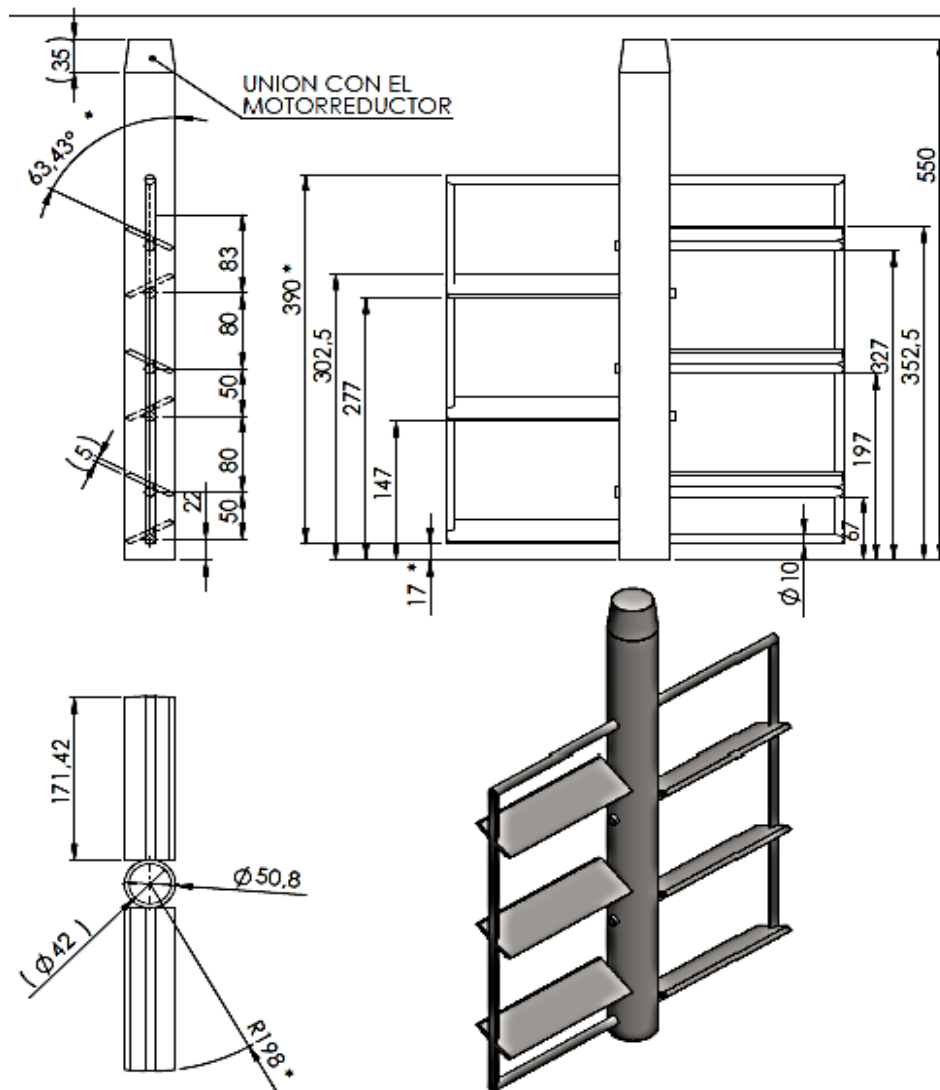


Ilustración 6.- Pre diseño sistema de agitación.

Debido a la ubicación del motor, una tapa estaría fija y solo una será movable.

Capitulo 4.-Pruebas en el laboratorio

La inexistencia de datos publicados sumado a un sin número de fórmulas ocupadas por cada maestro chocolatero hace difícil tener un dato consistente o exacto para poder realizar los cálculos pertinentes para la máquina, con lo cual se decidió realizar pruebas en el laboratorio.

Se realizaron dos tipos de pruebas en el laboratorio, debido a la necesidad de tener datos consistentes con respecto al chocolate a ser utilizado en la máquina.

La primera prueba fue para obtener el coeficiente calorimétrico o CP del chocolate con lo cual se podría realizar el cálculo de transferencia de calor y la segunda fue para obtener la viscosidad de este mismo, para realizar los cálculos de la fuerza de arrastre que estarán sometidas las paletas. Las pruebas planteadas se realizaron en dos laboratorios:

- Laboratorio de química de la Universidad San Francisco de Quito.
- Laboratorio de Alimentos de La Escuela Politécnica Nacional del Ecuador.

Se realizaron los siguientes procedimientos dentro de la Universidad San Francisco de Quito con la ayuda del departamento de Física e ingeniería Química:

4.1.-Obtención del Cp o Calor Específico del chocolate

Para la obtención del calor específico del chocolate se utilizo:

Equipos:

- Medidor de Temperatura (PHYWE)
- Calorímetro
- Hornilla Eléctrica.
- Balanza Digital.

Herramientas:

- Rejilla de Cerámica
- Agitador
- Termómetro
- Hot Hand
- Vasos de precipitación pirex.

Procedimiento:

Se realizó cortes en el chocolate de tal manera tener pedazos del tamaño de un borrador. Aproximadamente el peso de cada pedazo de chocolate tenía un promedio de 10gr. Al mismo tiempo se calentó en dos hornillas agua caliente en vasos de precipitación de pírex. El primer vaso pírex contenía 500 ml de agua con la cual se procedía a realizar tareas de limpieza, mientras que el segundo vaso de precipitación contenía un poco de agua, pero a su vez en el interior de este también contenía un pírex chiquito que portaba chocolate, con lo cual se lograría derretir el chocolate por medio de la técnica de “baño maría” como se ve en la ilustración 6.



Ilustración 7.-Trozos de chocolate para ser derretidos en baño María

Inmediatamente después de prender la hornilla y colocar la rejilla entre el horno eléctrico y los vasos de precipitación, se comenzó a monitorear la temperatura del agua y del chocolate que estaba siendo sometido al baño maría, por medio de termómetros.

Con lo cual los primeros datos visibles que se pudo corroborar están indicados en la tabla 2:

Agua	Chocolate	Estado
45°C	35°C	Empieza a derretirse
80°C	45°C	Completamente derretido

Tabla 1.- Tabla de comparación agua a baño maría vs temperatura de fundición del chocolate

Además con la ayuda de un agitador se pudo corroborar que el chocolate necesita siempre agitación constante, para derretirse a velocidad constante. La agitación ayuda a fundir y homogenizar mejor el producto evitando que este se quemara u altere sus propiedades deseadas como se ve en la ilustración 7:



Ilustración 8.- Agitación del chocolate en el proceso de fundición

Sin agitación el chocolate que estaba en las paredes se quemaba y perdía propiedades realizando una reacción en cadena que dañaba todo el chocolate en el recipiente. Una vez derretido el chocolate a 45°C se procedió a pesar el recipiente de aluminio del calorímetro y a llenarlo con un cuarto de agua a temperatura ambiente. Se pesó el agua más el recipiente en una balanza digital.

Rápidamente se armó el calorímetro poniendo el recipiente en su lugar y el sensor de temperatura que se conectó a un medidor de temperatura digital (PHYWE), para evitar pérdidas de calor se selló el calorímetro con los aislamientos pertinentes. Se

encendió el medidor digital, acto después se procedió a medir la temperatura del agua para luego verter el chocolate derretido en el recipiente con agua, tapándolo inmediatamente. Se procedió a esperar el tiempo necesario hasta que la temperatura del agua y la del chocolate se estabilizaran para tomar el dato correspondiente aquella muestra.



Ilustración 9.- Conexión del Medidor digital con el calorímetro

Realizado esto se procedía a pesar nuevamente el recipiente contenedor del calorímetro que tenía agua y chocolate como se observa en la ilustración 8.

Para poder calcular el Calor Especifico del chocolate o C_p se utilizó la siguiente fórmula:

$$C_p = \frac{m_{H_2O} * C_{pH_2O} * (T_{fH_2O} - T_{oH_2O})}{m_{choco} * (T_{fchoco} - T_{ochoco})}$$

Ecuación 24.- Calculo del calor especifico chocolate

Siendo:

m_{H_2O} .- el peso del agua.

C_{pH_2O} .- Calor especifico del agua Adjunto en el anexo

m choco.-Chocolate el peso del chocolate.

Tf Chocolate =Tf H₂O.- Temperatura de homogeneidad del agua y del chocolate.

To H₂O.- Temperatura inicial del agua.

To Choco.- Temperatura final del chocolate.

Con lo cual mediante tabulaciones hechas en Excel se obtuvieron los siguientes resultados:

Chocolate	Cp Calor Especifico $\left(\frac{KJ}{Kg \cdot ^\circ K}\right)$
Dulce	4,78
Amargo	3,12
Cobertura 65%	2,38
Chocolate con Impurezas	2,42

Tabla 2.- Resultados calor especifico distintos chocolates

4.2.-Estudios Reológico viscosímetro cilindros concéntricos.

Obtención de la viscosidad del chocolate que se realizó en la universidad San Francisco de Quito en el departamento de ingeniería química.

Para la obtención de la viscosidad se utilizó un viscosímetro Thomas-Stormer 9370-F10 indicada en la ilustración 9.

Equipos:



Ilustración 10.-Viscosímetro Thomas-Stormer 9370-F10

Materiales:

- Hot Hand
- Vasos de precipitación
- Termómetro

- Piseta
- Rejilla de cerámica

Procedimiento:

En los vasos de precipitación se procedió a calentar agua colocando la rejilla metálica entre el vaso de precipitación y la hornilla. Tomando los pedazos de chocolate cortados anteriormente para fundirlos dentro del recipiente metálico del Viscosímetro Thomas -Stormer 9730-F10. Una vez derretidos se tomo el peso del recipiente metálico y conjuntamente del recipiente con el chocolate derretido como se observa en la ilustración 61.



Ilustración 11.- Pesaje de la cantidad de chocolate derretido en el recipiente del viscosímetro

Tomando el recipiente con el instrumento “hot hand” y llevándolo con sumo cuidado, evitando quemaduras, para poder colocarlo en el porta recipientes, el cual estaba lleno de agua para mantener la temperatura deseada. Antes de instalar el porta recipientes que contenía el chocolate, se peso el contrapeso que hace girar el rotor. Una vez realizado el pesaje se procedió a ensamblar el porta recipientes en el viscosímetro

quedando listo para realizar las pruebas reológicas. Se soltó el contrapeso y se midió el tiempo en que este se demoraba en dar 150 vueltas lo que indicaba el manual del viscosímetro, el número de vueltas se podía verificar en la pantalla ubicada en la parte superior del viscosímetro como se observa en la ilustración 11:



Ilustración 12.- Medición de vueltas vs tiempo.

Una vez concluida la medición se procedió a medir la temperatura del chocolate con un termómetro. Cuando era necesario se adicionaba agua caliente para mantener el chocolate a una temperatura de 45°C , en ocasiones con la pisseta se retiraba agua del porta cilindros para ser de nuevo rellena por agua caliente y mantener el chocolate fundido a 45°C .

A pesar de las dificultades en las mediciones se pudo obtener dos datos de la viscosidad del chocolate amargo y dulce a una temperatura de 45°C (ver tabla 4) los cuales se observan que no son datos reales al saber de que el chocolate es un fluido pseudo plástico y que su viscosidad será mayor que la del agua que es de 100 centipoise o $0,1 \text{ Pa s}$ (N s/m^2).

Chocolate	Pa s (N s/m²)	Centipoise
Dulce	0,0002	0,2
Amargo	0,0001833	0,1833

Tabla 3.- Viscosidad aparente chocolates dulce amargo USFQ.

4.3.- Reología del chocolate viscosímetro placa paralelas

Se encontró que la Politécnica Nacional del Ecuador poseía con los instrumentos apropiados, y experiencia haciendo pruebas reológicas de chocolate a diversas empresas que han necesitado estos datos. Las pruebas reológicas se realizaron con el chocolate de cobertura al 63% y se pidió un barrido de temperatura en función de la viscosidad y la viscosidad del chocolate a diferentes velocidades con una temperatura constante de 25°C.

Las pruebas se realizaron con un viscosímetro de placas paralelas de 40mm con un GAP 1000um dando como resultado indicado en las ilustraciones 12 y 13:

RESULTADOS
 MUESTRA: DC-MU0708
 Condiciones de corrida
 Temperatura: 25°C
 Gap: 1000 μm
 Geometría: plato-plato 40mm

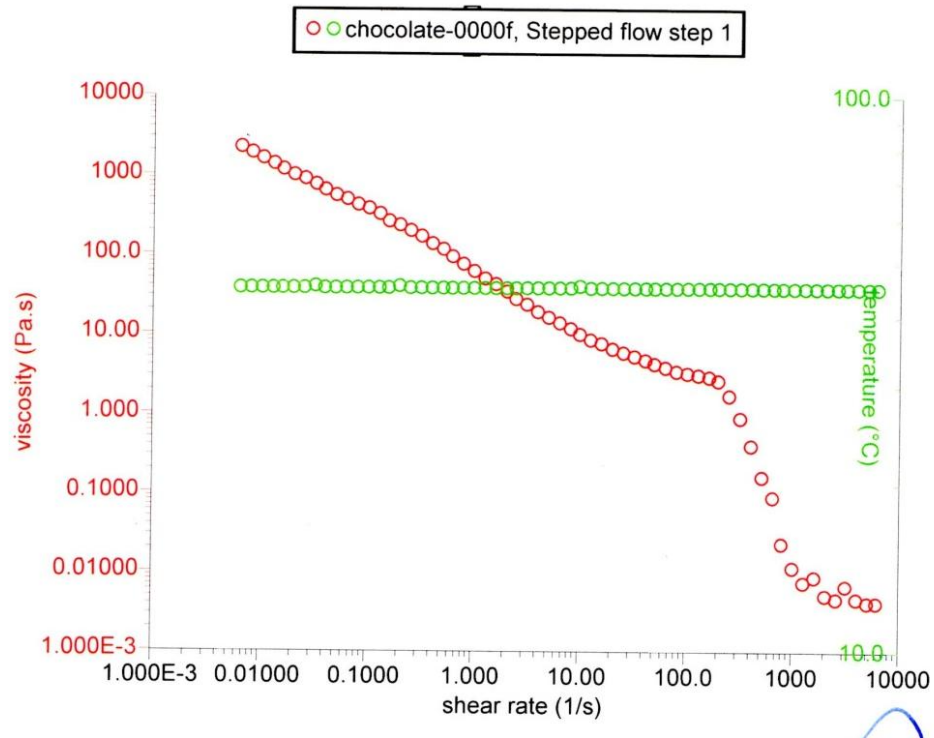


Ilustración 13.- Resultados Obtenidos Viscosidad del chocolate Politécnica Nacional

Con lo que se puede ver en la ilustración 12 es que al mantener una temperatura constante y al variar el gradiente de velocidad, es decir la velocidad de giro de las placas existirá un cambio drástico en la viscosidad, se observa que el comportamiento de la viscosidad aparente disminuye de acuerdo al aumento del gradiente de velocidad con lo que podemos afirmar que el chocolate es un fluido no newtoniano Pseudoplástico.

Condiciones de corridaGap: 1800 μm

Geometría: plato-plato 40mm

Duración de la rampa: 5 min

Velocidad angular (rad/s): 0.5

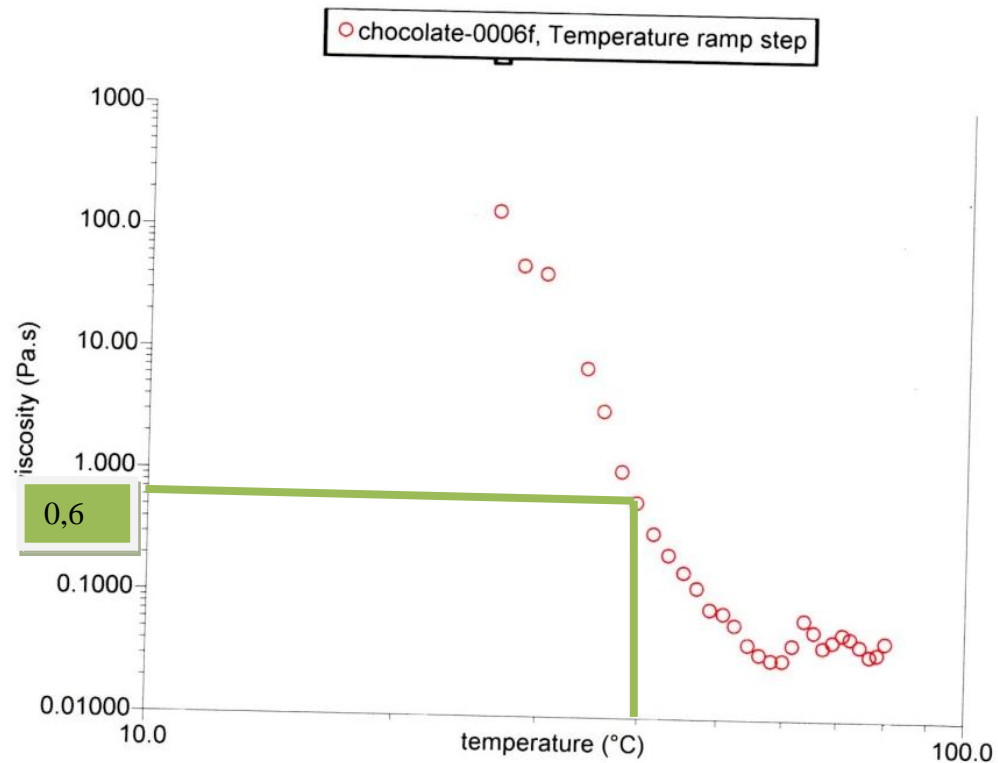


Ilustración 14.- Resultados Obtenidos Viscosidad del chocolate Politécnica Nacional

Con lo cual se aprecia en la ilustración 13 que a 40 grados centígrados el chocolate tendrá una viscosidad de 0,6 Pa.s es decir unos 600 Centipoise.

Capitulo 5.- Diseño

En este capítulo se presenta el cálculo y diseño de:

1. Cilindro
2. Motor moto reductor
3. Bomba
4. Resistencia

Con los datos obtenidos de la viscosidad y del coeficiente calorímetro del chocolate se procedió a realizar los siguientes cálculos para la selección de equipos

5.1.- Cálculos del Cilindro

El cilindro mencionado anteriormente en el pre diseño tiene las siguientes dimensiones según los siguientes cálculos finales:

$$V_{cilindro} = \pi * r^2 * h$$

Donde:

$V_{cilindro}$.- Es volumen del Cilindro

π .- Constante de pi 3,1416

r^2 .- es el radio del cilindro contenedor del chocolate

h .- Es la altura del cilindro contenedor del chocolate

$$V_{cilindro} = \pi * (200^2) * 400$$

$$V_{cilindro} = 50,26E6 (mm^3)$$

$$V_{cilindro} = 50,26 (lt)$$

Al saber el volumen del cilindro se puede obtener la masa de chocolate que estará contenida en este:

$$m_{choco} = \delta_{choco} * V_{cilindro}$$

$$m_{choco} = 1300 \left(\frac{Kg}{m^3} \right) * 0.05026 (m^3)$$

$$m_{choco} = 65,34 (kg)$$

5.2 Cálculo del Motor y moto reductor

La velocidad de giro ω viene por la rotación máxima del motoreductor que es la caja de reducción que se acoplara al motor y el radio es el radio de la paleta, así se tiene:

$$v = \omega * r$$

$$v = (3.14) * (0,120)$$

$$v = 0,3768 \frac{m}{s}$$

Con esta velocidad se procedió a sacar la fuerza de arrastre para las paletas.

Con la **viscosidad** del chocolate se calcula el coeficiente de la fuerza de arrastre el cual depende de la forma de la paleta y del número de Reynolds.

Es así que se tiene lo siguiente:

$$Re = \frac{\rho * v * r}{\eta_a}$$

Donde:

ρ .- Densidad del chocolate.

η_a .- Viscosidad aparente del chocolate.

r .- el radio de la paleta

$$Re = \frac{1300 \left(\frac{kg}{m^3}\right) * \left(0,377 \left(\frac{m}{s}\right)\right) * (0.12m)}{0,6 Pa.s}$$

$$Re = 98.02$$

Como $Re < 2000$ el flujo es laminar dentro del cilindro.

Se puede definir el coeficiente de fricción del fluido (Cho, 2007):

$$f = \left(\frac{3 * n + 1}{4 * n}\right) \left(\frac{16}{Re}\right)$$

Donde:

f .- Coeficiente de fricción

$n = 0.57$ Es el índice de comportamiento del chocolate

$$f = 1,18 * \frac{16}{98.02}$$

$$f = 0.2$$

5.2.1 *Calculo Coeficiente de arrastre para raspador de fondo*

Con el resultado del número de Reynolds se puede obtener el coeficiente de arrastre C_d en este caso lo se obtendrá para el raspador de fondo (Gasnovic, 31):

$$C_d = \frac{24}{Re} * X(n) + \frac{10,5n - 3.5}{Re^{(0,32n+0,13)}}$$

$$X(n) = 3^{(3n-3)/2} * \left(\frac{-22n^2 + 29 * n + 2}{n * (n + 2) * (2 * n + 1)} \right)$$

Donde:

$X(n)$.- es el factor de corrección

$n = 0.57$ Es el índice de comportamiento del chocolate

Es así que se obtiene los siguientes factores:

$C_d = 1,03$ Si el flujo es movido por la superficie circular externa
del raspador fondo $\rightarrow ($

$C_d = 1.54$ Si el fluido es movido por la concavidad interna
del raspador de fondo $\rightarrow)$

5.2.2 *Cálculo fuerza de arrastre del raspador de fondo*

Con el cálculo del coeficiente de la fuerza de arrastre se procede a calcular la fuerza requerida por la paleta para mover el chocolate, más el dato de la velocidad se calculará y elegirá un moto reductor

Primero se identifica el coeficiente de fuerza de arrastre C_d que es de 1.54 según la ecuación anterior, de ahí se procede a realizar el cálculo de la fuerza de arrastre.

Este cálculo descrito a continuación es para el raspador de fondo:

$$D = Cd * 0.5 * \rho * v^2 * A$$

Donde:

D .- Es la fuerza de arrastre

ρ .-Densidad del chocolate

A .-Es el área del raspador dada por $\frac{\pi * D^2}{4}$

$$D = 1,54 * 0.5 * 1300 \frac{Kg}{m^3} * 0,377^2 \frac{m^2}{s^2} * 1.13 \times 10^{-2} m^2$$

$$D = 1,54 N$$

Con esta fuerza de arrastre se puede sacar la potencia necesaria:

$$P = v * D$$

$$P = 0,58 Watts$$

$$P = 7.78 \times 10^{-4} Hp$$

Como son dos paletas:

$$P_1 = 1,55 \times 10^{-3} Hp$$

5.2.3 Cálculo fuerza de arrastre estructura de raspadores

Consecuentemente se procede a sacar la fuerza de arrastre para la estructura de raspadores, primero se calcula la parte superior e inferior, se sabe que el coeficiente de arrastre Cd será de 1.18

$$D = 1.18 * 0.5 * \rho * v^2 * A$$

Donde:

ρ .-Densidad del chocolate

A .-Es el área del raspador dada por $b * l$

$$D = 1.18 * 0.5 * 1300 \frac{Kg}{m^3} * 0.377^2 \frac{m^2}{s^2} * 0.00375 m^2$$

$$D = 0,41 N$$

Con esta fuerza de arrastre se puede sacar la potencia necesaria:

$$P = v * D$$

$$P = 0,15 Watts$$

$$P = 2.05 \times 10^{-4} Hp$$

Como son dos partes:

$$P_2 = 4.10 \times 10^{-4} Hp$$

Repitiendo el cálculo solo variando el área del raspador para poder calcular los laterales de la estructura se obtiene:

$$P_3 = 3,56 \times 10^{-4} Hp$$

Al sumar todas las potencias se obtiene un total de:

$$P_T = 2,31 \times 10^{-3} Hp$$

Con esto podemos ver el torque requerido:

$$\tau = \frac{P_T}{w}$$

$$\tau = \frac{1,7325 \text{Watts}}{3.14 \left(\frac{\text{rad}}{\text{s}} \right)}$$

$$\tau = 0.55 \text{ Nm}$$

Al saber la velocidad necesaria y el torque mínimo se procede a seleccionar nuestro motor y moto reductor. Para el cálculo del moto reductor primero se elegirá un factor de servicio dado por la tabla 4.

		tipo de carga		
Tipo de motor que acciona el moto reductor	Horas/Día	Uniforme	Media	Con Choques
Motor eléctrico	2	0,9	1,1	1,5
	10	1	1,25	1,75
	24	1,25	1,5	2
Motor de combustión	2	1	1,35	1,75
	10	1,25	1,5	2
	24	1,5	1,75	2,5

Tabla 4.-Factor de servicio

El Factor de servicio será 2.00 debido a que es un motor eléctrico de entrada constante que trabajara 24 horas al día y tendrá una carga con choques es decir los trozos

de chocolate puestos en el cilindro. Sabiendo la reducción se necesita saber cuál es la potencia nominal para poder seleccionar un moto reductor

$$P_{nominal} = P_T * f_s$$

$$P_{nominal} = 2,31 \times 10^{-3} \text{ Hp} * 2$$

$$P_{nominal} = 0.005 \text{ Hp}$$

Con estos datos se procede a consultar la existencia de moto reductores a partir de tablas de fabricantes como se muestra en la ilustración 15. Para saber que configuración del motor y del moto reductor es la más adecuada hay que tener en cuenta el factor de servicio dado por los fabricantes, es decir si el factor de servicio es menor a 1,2 no es factible la configuración.

Al observar la ilustración 15 se observa n_2 y M_2 son datos del fabricante referentes a:

- n_2 La velocidad de salida del moto reductor, que en nuestro caso debe de ser 30 R.P.M
- M_2 es el torque máximo que posee el moto reductor que en nuestro caso debe de ser mayor a 1.10 Nm

Con lo cual se obtiene las siguientes opciones:

Motor	Moto reductor
0.75 Hp	MI 90
	MI 80
1.5 Hp	MI 110
	MI 90

Tabla 5.- Opciones motor caja reductora

Existen más configuraciones pero por razones de precio y existencia del mercado se eligió la caja reductora Siti MI 110 con un motor Siemens de 1.5 HP.

5.3 Cálculo de la Bomba

Para poder seleccionar la bomba se realizó el cálculo de altura de cabeza y se asume lo siguiente:

Se sabe que la espiral da 7 vueltas por el cilindro subiendo con una inclinación de 10° si se sabe que el perímetro del círculo es de 1257 mm con lo que da un total de recorrido del agua de 50.28 metros.

Para calcular la altura de cabeza se utiliza la ecuación de Bernoulli:

$$H_{bomba} = P_2 - P_1 + \frac{v_2^2}{2 * g} - \frac{v_1^2}{2 * g} + Z_2 - Z_1 + htp$$

Donde:

P.- Presión

v.-Velocidad

Z.-Cambio de altura

htp.-Perdidas totales del sistema del sistema

Siendo las pérdidas las siguientes.

5.3.1 Para los tubos de pvc y el espiral del cilindro contenedor de agua

Viene calculado por la formula de Hazen Williams (SOTELO, 1998) :

$$h_f = \left(\frac{10,678}{C^{1,85}} \right) * \left(\frac{L}{D^{4,87}} \right) * Q^{1,85}$$

Donde

h_f .- perdida por fricción

L.- es la longitud del tubo

D.- diámetro del tubo

C.- es el factor de pérdidas adimensional que viene dado por tablas (SOTELO, 1998)

$$C_{pvc} = 140$$

$$C_{acero} = 130$$

La velocidad de diseño impuesta es 5 m/s es así que el caudal viene dado por:

$$Q = \frac{v * \pi * D^2}{4}$$

$$Q = 0,002 \frac{m^3}{s}$$

$$Q = 7,2 \frac{m^3}{h}$$

Se tiene los siguientes resultados:

Material	Longitud (m)	hf (m)
pvc	0,184	0,189
pvc	0,284	0,292
pvc	0,75	0,772
pvc	0,52	0,535
pvc	0,25	0,257
pvc	0,33	0,339
acero	50,28	1,95E-04
total		2,384195

Para las pérdidas por ensanchamiento y estrechamiento que se dan a la entrada y salida del reservorio y de la marmita se tiene:

Ensanchamiento (SOTELO, 1998):

$$h_{ens} = K * \left(\frac{v^2}{2g} \right)$$

$$K = \left(1 - \left(\frac{d_1^2}{d_2^2} \right) \right)^2$$

Siendo:

h_{ens} .- Pérdida por ensanchamiento brusco

d_1^2 .- El diámetro de la tubería 1''

d_2^2 .-el diámetro del reservorio y de la espiral de la marmita.

Estrechamiento (SOTELO, 1998):

$$h_{est} = K * \left(\frac{v^2}{2g} \right)$$

$$K = 0,5 * \left(1 - \left(\frac{d_1^2}{d_2^2} \right) \right)$$

Siendo:

h_{est} .- Perdida por estrechamiento Brusco.

d_1^2 .- El diámetro de la tubería 1”

d_2^2 .-el diámetro del reservorio y de la espiral de la marmita.

Se obtiene los siguientes resultados:

	Hens (m)	Hest (m)
reservorio	1,24	0,62
marmita	1,25	0,63
total		3,74

Se calcula las pérdidas por accesorios para lo cual se aplicara la siguiente fórmula (SOTELO, 1998):

$$h_{acc} = k * \frac{v^2}{2 * g}$$

Donde:

h_{acc} .- Perdida por accesorios

k	Accesorio
0,69	Codo 90°
0,37	Codo 45°
1,38	T con salida lateral

Hay que tener en cuenta que son 9 codos a 90° y con esto se obtiene los siguientes resultados:

Accesorio	cantidad	hacc (m)
Codo 90°	9	7,91
Codo 45°	1	0,47
T con salida lateral	1	1,78

total	10,16
-------	-------

Al sumar todas las pérdidas:

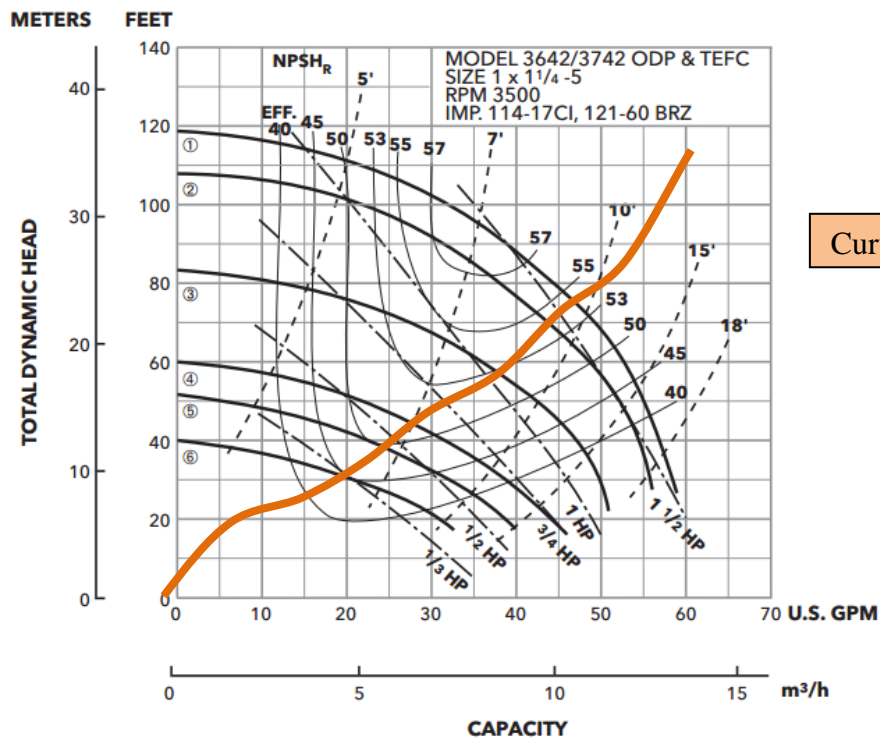
$$h_{tp} = h_{acc} + h_f + h_{ens} + h_{est}$$

$$h_{tp} = 16,28m$$

Si se considera un sistema cuya diferencia de altura es 1 m y se sabe que la presión y la velocidad no varían significativamente en el circuito; la altura de bomba total será de:

$$H_{bomba} = 17,28 m$$

Al conocer que la altura de cabeza es de 17 m se procedió seleccionar en las curvas de rendimiento, la bomba de acuerdo con la ilustración 16.



Curva del sistema

Ilustración 16.- Curvas de rendimiento bomba

Se selecciono una bomba marca Goulds de 10 GPM y de 1/2 Hp con impeler, 5' de diámetro y el empaque resistente a 100°C.

5.4.- Cálculo resistencia

Concluido esto se procede a calcular la cantidad de calor requerido para derretir el chocolate

$$Q = m * Cp * \Delta T$$

Donde:

Q .- Calor específico

m .- masa del chocolate

Cp .-Calor específico del chocolate ver Tabla 2, capitulo 3.

ΔT .- Diferencia de temperatura.

$$Q = 68,38 \text{ (kg)} * 2.38 \frac{\text{KJ}}{\text{Kg}^\circ\text{K}} * (318 - 298)^\circ\text{K}$$

$$Q = 3254.88\text{KJ}$$

Las pérdidas del chocolate asumiendo se pueden calcular de la siguiente forma:

Se Calcula el número de Prandtl:

$$Pra = \frac{\eta_a * Cp}{K}$$

$$Pra = \frac{30 \text{ Pa.s} * 2.38}{0.574}$$

$$Pra = 124.4$$

Donde

K.- la consistencia del chocolate 0.57

η_a .- Viscosidad aparente

Con el número de Reynolds y el número de Prandtl se puede calcular h coeficiente de transferencia de calor por convección, de acuerdo a la siguiente ecuación:

$$Nu_m = \frac{h * d}{K} = 0,76 * Re^{\frac{1}{2}} * Pra^{\frac{1}{3}}$$

$$h = \frac{0,76 * Re^{\frac{1}{2}} * Pra^{\frac{1}{3}} * k}{d}$$

$$h = 638,03 \frac{\text{KJ}}{\text{m}^2\text{K}}$$

Aplicando

$$Q = h * A * \Delta T$$

$$Q = 638,03 * 0,12 * (318 - 298)$$

$$Q = 1603,54\text{KJ}$$

La cantidad de Calor necesario para calentar el agua viene dado por:

$$Q = m * Cp * \Delta T$$

$$Q = 60000 \text{ (g)} * 1 * (85 - 25)^\circ\text{C}$$

$$Q = 3600KJ$$

La potencia necesaria como se quiere que el calor sea constante se desea que el chocolate se derrita en un tiempo máximo de 45 minutos.

$$P = \frac{Q}{t}$$

$$P = \frac{3600KJ}{2700s}$$

$$P = 1.33 \frac{KJ}{s}$$

$$P = 1333watts$$

Con este valor se procedió a seleccionar la resistencia eléctrica sumergible de 1500 watts como se observa en la ilustración 16.



Ilustración 17.- Resistencia eléctrica seleccionada

5.2.-Materiales Seleccionados

Se procedió a realizar la selección de materiales para cada componente de la máquina:

- Estructura, agitación, cilindro
- Sistema de Calentamiento:
- Sistema de conducción térmica
- Sistema de aislamiento

Estructura, agitación, cilindro:

Para la selección del material que estaría en el cilindro la estructura y el sistema de agitación se tuvo en cuenta que el material debería ser resistente a los golpes y rayones también debe de ser resistente a la corrosión, a habientes húmedos, a su vez tendrá que soportar altas temperaturas. Un factor importante a tomar en consideración es que el material tenga rigidez estructural y flexibilidad para manipularlo. Es decir que pueda soportar carga de trabajo y sea fácilmente de manejar y manipular para elaborar los componentes que se necesita. Aparte de estos requerimientos nuestro material tendrá que ser de fácil limpieza y sumamente sanitario, es decir que sean altamente resistentes a la suciedad, además que no sean tóxicos o desprendan componentes tóxicos al contacto con otras sustancias; es así que se eligió:

Aceros Austeníticos.- AISI 304 a AISI 316 Son los aceros más utilizados en la construcción. Tiene una alta resistencia a la corrosión gracias a sus aleaciones que contienen principalmente níquel, cromo y hierro. Estos, a diferencia de los martensíticos y ferríticos poseen una gran ductilidad y resistencia, lo cual los hace excelentes para soldarlos y moldearlos. Son utilizados para trabajar a diversas temperaturas, desde temperaturas criogénicas, temperaturas ambiente, y altas temperaturas que no sobrepasen los 1115°C. Aparte de esto tienen un excelente acabado, que es uno de sus aspectos más relevantes, gracias a esta propiedad estos aceros son de fácil limpieza y sumamente sanitarios, es decir son altamente resistentes a la suciedad, además no producen reacciones químicas tóxicas al contacto con otras sustancias. Usados normalmente en correas transportadoras; aparatos domésticos; herraje; diafragmas;

ornamentos de automóviles, equipos de transporte, aeronaves; herrajes para postes; fijadores (horquillas, cierres, estuches); conjuntos estructurales de alta resistencia que se requiere en los aviones, automóviles, camiones y carrocerías, vagones de ferrocarril, industrias química, farmacéutica, textil, petrolera, papel, celulosa, caucho, nylon y tintas; diversas piezas y componentes utilizados en construcción naval; equipos criogénicos; equipos de procesamiento de película fotográfica; cubas de fermentación; instrumentos quirúrgicos. (Antonio, 2005)

Sistema de calentamiento

Para el sistema de calentamiento se eligió el plástico que se utiliza en las instalaciones de agua potable, debido que son de menor costo que el cobre y otros materiales de construcción.

El PVC es un material termoplástico es decir que al aplicar calor y presión este se ablanda pudiendo adoptar nuevas formas sin perder sus propiedades al endurecer.

Dentro del PVC podemos encontrar:

- PVC hidráulico, para instalaciones con presión
- PVC sanitario, para alcantarillado u otras instalaciones sin presión.
- PVC Conduit, para conducción de cables eléctricos.

Características y propiedades principales por las que se eligió el plástico son:

- Rapidez y facilidad de la instalación
- Alta resistencia a la corrosión
- Anti incrustante es decir las sales como carbonatos sulfatos y sulfatos de calcio no se depositen en la superficie.

Aislamiento Térmico

Poliuretano

El uso de la espuma rígida de poliuretano (PUR) ha crecido sustancialmente en los últimos años debido a sus excelentes características como aislante térmico, su impermeabilidad al agua y a los combustibles y sus excepcionales características físicas.

El poliuretano es un aislante térmico rígido que se caracteriza por una estructura de pequeñísimas celdas cerradas que contienen gas de baja conductividad térmica, libre de agentes CFC y HCFC, perjudiciales para el medio ambiente y que otorgan a este material su excelente capacidad aislante (QuimiNet, 2006).

La espuma rígida de poliuretano se puede aplicar en sitio y se obtiene cuando un diisocianato y un polioliol se mezclan en presencia de un agente activador la proporción entre diisocianato en 10 gramos y el polioliol en 100 gramos (S.L, 2010). El activador es liberado junto con el calor que se genera en la reacción, dándole a la espuma un volumen cercano a las 30 veces del que tienen los componentes en estado líquido.

Las cualidades físicas y mecánicas del producto son, en general, función de su densidad, que puede oscilar entre 27 y 80 Kg/m³ según el uso a que sea destinado (QuimiNet, 2006).

Una equivalencia sería a grandes rasgos entre aislantes (ver tabla 5):

25 mm espuma rígida de Poliuretano	40 mm de lana de vidrio	40 mm de poliestireno expandido de 20 kg/m ³	50 mm de corcho	65 mm de tablero de fibra	140 mm de madera	380 mm de bloques de concreto
---------------------------------------------	-------------------------------	------------------------------------------------------------------	--------------------	---------------------------------	---------------------	-------------------------------------

Tabla 6.- Equivalencia aislantes térmicos: cantidad utilizada para conseguir el mismo efecto

La Espuma Poliuretano (PUR) puede obtenerse a través de los siguientes métodos:

✓ Sistema Spray

Consiste en mezclar los componentes del Poliuretano con una máquina equipada para aplicar el material atomizado en sitio en capas superpuestas y sucesivas. Esta técnica se basa en la capacidad autoadhesiva de la espuma durante su proceso de reacción, que la hace adherirse a casi cualquier superficie limpia y seca (QuimiNet, 2006).

✓ Vertido o Colado

Se mezclan los componentes en un recipiente cuyo contenido se vuelca en un molde o en una cavidad que se quiera aislar. Esta técnica se usa especialmente para la fabricación de grandes bloques, que luego son cortados en piezas del tamaño y forma que se desee, incluyendo caños y otros (QuimiNet, 2006).

✓ Inyección

Consiste en mezclar los componentes en una máquina, que permite inyectar el material entre dos superficies de tal forma que al espumar, ambas quedan unidas.

Ventajas de la espuma de poliuretano son:

- Actúa como capa distribuidora de cargas
- Adherencia a todo tipo de materiales
- Ahorro de espacio
- Auto extingible
- Bajas pérdidas dieléctricas y de reflexión
- Constante dieléctrica muy baja
- Estable dimensionalmente, no se elonga, contrae ni deforma.
- Excelente capacidad aislante
- Excelente sello (debido a su estructura cerrada)
- Fácil y rápida aplicación
- Impermeabilidad avanzada
- Muy buena resistencia a la compresión.
- No es atacado por roedores
- No necesita mantenimiento posterior
- No pueden anidar insectos, contrariamente a lo que ocurre con el poliestireno expandido.
- Peso ligero
- Puede aplicarse en casi cualquier superficie
- Resistencia a los agentes químicos
- Resistente a los ácidos
- Resistente a sacudidas y vibraciones.
- Resistente al fuego

Agitación

En el sistema de agitación se utilizó los dos tipos de materiales existentes en el mercado; no se pudo seleccionar uno completamente debido a la inexistencia de estos mismos. Aparte de esto hubo un limitante completo debido a que existían pero muy limitadas presentaciones de los mismos con lo cual la selección de materiales y diseños se vieron afectados por este inconveniente.

Teflón

Politetrafluoroetileno o Teflón polímero similar al polietileno. La virtud principal de este material es que es prácticamente inerte, tiene un muy bajo coeficiente de rozamiento. Otra cualidad característica es su impermeabilidad, manteniendo además sus cualidades en ambientes húmedos.

El teflón es también un gran aislante eléctrico y sumamente flexible, no se altera por la acción de la luz y es capaz de soportar temperaturas desde -270°C ($3,15^{\circ}\text{K}$) hasta 270°C ($543,15^{\circ}\text{K}$), momento en que puede empezar a agrietarse y producir vapores tóxicos. Su cualidad más conocida es la anti adherencia (PRODUFLON, 2009).

PTFE VIRGEN				
PROPIEDADES MECANICAS A 23°C				
	UNIDAD	ASTM	DIN	VALORES
PORCENTAJE EN PESO DE CARGA	%			0
PESO ESPECIFICO	Grs/cm3	D-792	53479	2.13 A 2.21
RESISTENCIA A LA TRACCION	Kg/cm ²	D-638	53455	210
RES. A COMPRESION (DEF. 1% y 5%)	Kg/cm ²	D-695	53454	44 - 100
ALARGAMIENTO A LA ROTURA (MIN)	%	D-638	53453	200
RES. AL CHOQUE SIN ENTALLA	Kg.cm/cm ²	D-256	53455	NO ROMPE
DUREZA	Shore D	D-2240	53505	50 A 55
COEF. DE ROCE ESTATICO S/ACERO		D-1894		0.06 A 0.09
COEF. DE ROCE DINAMICO S/ACERO		D-1894		0.13
PROPIEDADES TERMICAS				
	UNIDAD	ASTM	DIN	VALORES
TEMP. DE USO CONTINUO	°C			-260 A 260
COEF. DE DILAT. LINEAL DE 23 A 100°C	Por °C	D-696	53328	0.000125
COEF. DE DILAT. LINEAL DE 23 A 150°C	Por °C	D-696	53328	0.000135
COEF. DE DILAT. LINEAL DE 23 A 260°C	Por °C	D-696	53328	0.000175
COEF. DE CONDUCCION TERMICA	Kcal/m.h.°C	C-177	52612	0.24
PROPIEDADES ELECTRICAS				
	UNIDAD	ASTM	DIN	VALORES
CONSTANTE DIELECTRICA A 60 HZ		D-150	53483	2.1
CONSTANTE DIELECTRICA A 1 MHZ		D-150	53483	2.1
ABSORCION DE HUMEDAD AL AIRE	%	D-570	53472	0
RIGIDEZ DIELECTRICA EN AIRE	Kv/mm	D-149		59

Ilustración 18.-Tabla de propiedades Teflón (**PRODUFLON, 2009**)

Los usos del teflón varían desde revestimientos para aviones, instrumentos de cocina, aplicaciones en electrónica, electricidad, mecánica, construcción, arquitectura, medicina, odontología, pinturas, barnices, en si un sinnúmero de aplicaciones gracias a sus propiedades y versatilidad.

Grilón

Es una poliamida obtenida por extrusión, siendo su color característico el blanco. Posee una buena resistencia a la fatiga, a los agentes químicos y al desgaste. Posee buenas propiedades mecánicas y dieléctricas. El grilón absorbe la humedad lo cual se necesita tener en cuenta en el diseño de los elementos mecánicos, además no se lo puede utilizar en con ácidos en concentraciones de más del 1%. (Acerind, 2006)

PROPIEDAD	GRILON
DENSIDAD	1.14
RESISTENCIA A LA TRACCION	630
ELONGACION	60 - 300
MODULO DE ELASTICIDAD	1.88×10^4
DUREZA	R 119
RESISTENCIA AL IMPACTO	0.8-5.5
RESISTENCIA DIELECTRICA	23
ABSORCION DE HUMEDAD 23°C A 60%	2.5
TEMPERATURA DE TRABAJO	90*

Ilustración 19.- Propiedades del Grilon (Acerind, 2006).

Materiales de Pernos Tuercas Arandelas

Los pernos, tuercas, arandelas utilizados en la maquina todos sin excepción son de acero inoxidable con lo cual se garantiza que ninguna parte de nuestra maquina pueda oxidarse o pueda producir efectos no sanitarios. Las tuercas seleccionadas son tuercas de seguridad es decir poseen un inserto de nylon el cual hace la función de sello e impide a la tuerca aflojarse, estas tuercas fueron elegidas debido a que como cualquier maquina va a tener vibraciones mecánicas en su funcionamiento. Al tener vibraciones mecánicas estas suelen tener un efecto que aflojan las tuercas, para evitar que esto ocurra y nuestra maquina tenga durabilidad y fiabilidad se selecciono estas tuercas.

Material de la Chumacera y Ruedas

La chumacera y las ruedas fueron elegidas de material Nylon con lo cual se garantizan ser completamente sanitarias en ambientes estériles, aparte la chumacera viene con grasa Sanitaria H1.

Nylon

El nylon es un polímero sintético que pertenece al grupo de las poliamidas.

Propiedades físicas y mecánicas del nylon 66

Punto de fusión: 255 °C

Densidad: 1,14 g/cm³

Calor específico: 1,67 J/(mol*K)

Conductividad térmica: 0,43 W/(m*K)

Resistividad eléctrica: $6 \cdot 10^{14}$ W*cm

Tensión de tracción en el punto de fluencia: 11500 lbf/pul²

Módulo de tracción: $4.3 \cdot 10^5$ lbf/pul²

Dureza Rockwell: R118

Coefficiente cinético de fricción: 0,45

Ilustración 20.-propiedades físicas y mecánicas nylon 66

Las aplicaciones más importantes de los homopolímeros se encuentran en el campo de la ingeniería mecánica. Aplicaciones bien establecidas son las siguientes: asientos de válvulas, engranajes en general, excéntricas, cojinetes, rodamientos, etc. En medicina y farmacia se utilizan objetos moldeados y esterilizables fabricados con poliamidas. (TextosCientificos, 2005).

Selección de Lubricantes para los componentes mecánicos

Naturales HI/UHI

Estos lubricantes se basan según la norma ISO 21469, no poseen sabor u olor alguno y son fisiológicamente seguros en caso de que exista algún derramamiento en la comida. Más información técnica sobre como calcular el tipo de aceite para cada aplicación se encuentra en el (anexo A) lamentablemente no se pudo hacer una selección de la grasa de la chumacera y ruedas y a su vez del aceite del motoreductor ya que estos venían ensamblados de fabrica. Aparte de la inexistencia completa de un importador de estos aceites con lo cual es imposible conseguir en el mercado.

Es así que se decidió utilizar los siguientes materiales:

- Acero Inoxidable 304
- PVC
- Poliuretano (anexo A)
- Grilon
- Teflón

Diseño Final Planos

Se tiene los siguientes planos los cuales se encontraran en el anexo C los planos están numerados de la siguiente forma:

Pieza:

- Cilindro.- Choco001
- Chasis.- Choco002
- Reservorio.- Choco003
- Eje.- Choco004
- Raspadores.- Choco005
- Estructura Raspadores.- Choco006
- Puente.- Choco007
- Recubrimiento Posterior.- Choco008
- Recubrimiento Frontal.- Choco009
- Recubrimiento Lateral.- Choco010
- Raspador Fondo.- Choco012
- Acople Manija.- Choco013
- Raspador Lateral.- Choco014
- Tapa Cilindro Frontal.-Choco015
- Tapa Cilindro Posterior.-Choco016

Ensamble:

- Salida del Chocolate.- Chocoas001

- Estructura.- Chocoas002
- Sistema de Agitación.- Chocoas003
- Sistema de Calentamiento.- Chocoas004
- Tapas.- Chocoas006

Esta numeración servirá para hacer referencia en el capítulo 6 de la construcción.

Capitulo 6.- Construcción

La construcción se realizó por partes que eventualmente fueron unidos dividió en:

- Cilindro
- Estructura
- Sistemas de calentamiento
- Sistema de agitación
- Finalmente el sistema eléctrico y el sistema de control que se describe en otra tesis

6.1.-Construcción del Cilindro

La construcción del cilindro, estructura y reservorio de agua fueron realizadas en la empresa Inoxking. Esta empresa fue contratada después de una búsqueda de múltiples empresas en las cuales se requirió cotizaciones de construcción las cuales podrían ser calculadas gracias a que el pre diseño y el diseño realizado. A pesar de no ser la primera opción la empresa fue elegida ya que la universidad tenía múltiples contratos con esta misma. La razón por la cual se tuvo que hacer esto es que en la Universidad San Francisco de Quito no poseía los equipos apropiados para la construcción.

Se inicio el trabajo en un rollo de acero inoxidable 304-B y se procedió a medir en una esquina un rectángulo de dimensiones 400mm x 1257mm que es la altura del cilindro por el perímetro de la circunferencia que se quería realizar. Señalado con un marcador el cuadrado con la ayuda de una escuadra se cortó con una cortadora de plasma el acero como se observa en la ilustración 22.



Ilustración 21.-Corte plancha de acero con regla

La plancha cortada se llevo a una roladora de lamina para doblar el acero, dándole la forma de cilindro y poniendo puntos de soldadura, lo cual se realizó con una suelda TIG con proceso GTAW (anexo A).

Una vez verificada que el diámetro del cilindro es de 400 mm en todo el cuerpo del cilindro se procedió a realizar un cordón con la suelda TIG (anexo A).

Para darle un acabado sanitario se procedió a pulir la superficie con un cepillo de láminas abrasivas de tamaño 60 de grano y una amoladora como se muestra en la ilustración 23.



Ilustración 22.-Pulido de suelda



Ilustración 23.-Corte con plasma tapa del cilindro

Antes de soldar la parte inferior se procedió a abrir un orificio de 1 1/2" para la salida del chocolate como se muestra en la ilustración 25.

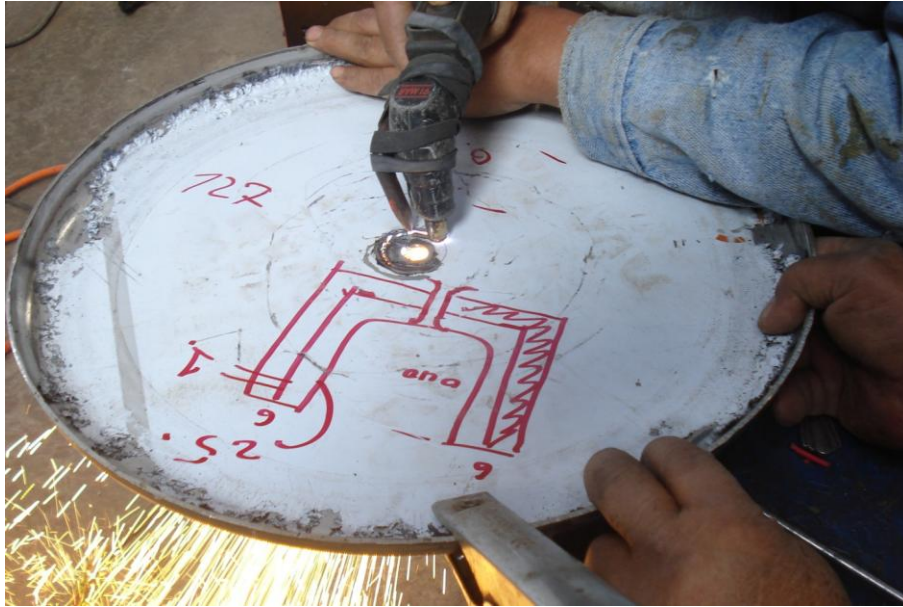


Ilustración 24.-Apertura salida del chocolate

El corte con plasma generó ciertas imperfecciones las cuales con un yunque y un martillo pueden ser eliminadas como se ve en la ilustración 26.



Ilustración 25.-Rectificación de la salida del chocolate

Se colocó un tubo de $1\frac{1}{2}$ " que sería la salida del chocolate y se lo soldó con un cordón de suelda TIG. Realizado esto se procedió a soldar la tapa con el cilindro. Se cortó un anillo que sería la tapa superior del cilindro, de dimensiones 400mm de

diámetro interior y de diámetro exterior 520mm, en este anillo se señalo otro diámetro a 460mm en donde estaría ubicado el cilindro contenedor de la espiral, que lleva el agua de calentamiento.



Ilustración 26.-Corte y ensamblaje tapa superior

Este anillo fue asegurado con puntos de suelda como se muestra en la ilustración 27. Se soldó la espiral por donde recorrería el agua, señalando la entrada y la salida en donde se colocarán tubos de 1" a los que se les soldarán acoples roscados. Concluido esto se selló el compartimiento del agua y se procedió a colocar la sección donde residiría el aislamiento térmico.

Concluido la suelda del cilindro exterior se procedió a terminar de asegurar la salida del chocolate, entrada y salida del agua, y a hacer el orificio donde se colocaría el poliuretano líquido como se muestra en la ilustración 28 y 29.



Ilustración 27.-Ensamble final compartimiento RTD



Ilustración 28.-Instalación acople rosca para RTD

Para el aislamiento se procedió a mezclar los dos componentes, un diisocianato y un polioliol, la marca de estos fue QUIMIPAC. Las especificaciones del poliuretano de Quimipac se encuentran en los anexos. La cantidad de mezcla necesaria para producir poliuretano fue diisocianato 10gr en 100gr de polioliol, con lo cual se consigue una densidad de 50 Kg/m^3 , a su vez este compuesto incrementa su tamaño en 18 veces su volumen medido. Es decir se requiere 0.007 litros de la mezcla del compuesto para llenar toda la sección dispuesta para el aislante.

Concluido esto se siguió puliendo las sueldas hechas en el cilindro con un disco de zirconio colocado en una amoladora. Después de terminar de pulir el cilindro, se procedió a poner ácido H-500 en todas las partes donde se encontraba ennegrecido el acero inoxidable a causa de la soldadura, para posteriormente limpiarlo con agua jabón y lija de agua con un tamaño de grano de 300, el cual es la numeración de la lija, para dar una acabado brillante y atractivo como se muestra en la ilustración 30.



Ilustración 29.-Cilindro completamente lijado y acabado

6.2.-Construcción de la estructura

Iniciando con 4 tubos cuadrado de 2" de una longitud de 6m de largo los cuales fueron cortados en 4 tubos de 1m y el resto de 0.9 cm; se procedió a colocar puntos de suelda para mantener los tubos en posición. Para armar la estructura se utilizo escuadras y un nivel para comprobar que la estructura no tenga desniveles. Se cortó dos pedazos de plancha de acero inoxidable 304-A de 1.5 mm de espesor de un tamaño de 17 cm de largo por 15 cm de ancho y se lo llevó a la roladora de lámina para darle la curvatura deseada de 267 mm de radio; esta formaría parte de la estructura que sujetaría al cilindro.

A estas planchas se le coloco el sistema de sujeción del cilindro es decir se soldó una placa en L la cual tenía perforaciones en donde irían insertados pernos para sujetar. Este mecanismo fue ideado con el fin de poder más fácilmente centrar el cilindro ya sea apretando y aflojado un tornillo como se muestra en la ilustración 31.



Ilustración 30.- Terminación acoples anillo superior

Consecuentemente se realizó puntos de suelda en el anillo de sujeción inferior a la estructura del chasis. Montada la olla sobre el cilindro se procedió a medir en los tubos superiores donde se soldara el trapecio que sostendrá el puente, tratando de que el centro o la mitad del trapecio coincidieran con el centro del cilindro. Esta medida se toma para que no haya problemas de alineación entre el sistema de agitación y el cilindro contenedor del chocolate. Medida la distancia se recortó dos trapecios con medidas de altura 300mm base inferior de 400mm y base superior de 232mm soldándole en la parte lateral del perfil de tubo como se muestra en la ilustración 32. Concluida la soldadura se abrió aperturas en donde se atornillaría el puente de acuerdo al plano choco002 que se encuentra en el anexo C.



Ilustración 31.-Soldado de soportes para puente

De una lámina de 4 mm de espesor con dimensiones 1 m de largo y 320mm de ancho se la dobló en forma de U para mejorar su rigidez estructural siguiendo los planos del diseño. A esta estructura en U en el centro se abrió una apertura de diámetro 60mm con la cortadora de plasma. A partir de esta apertura y de acuerdo a la configuración de la chumacera de nylon de 2", se señaló y se realizaron los orificios en donde se atornillaran los pernos que la sujeten; como se muestra en la ilustración 33.



Ilustración 32.-Apertura orificios del puente

Sucesivamente se fabricaron las tapas laterales del puente a las cuales se les soldó como se muestra en la ilustración 34, consecutivamente se realizaron las aperturas de encaje con el trapecio de sujeción como se muestra en la ilustración 35.

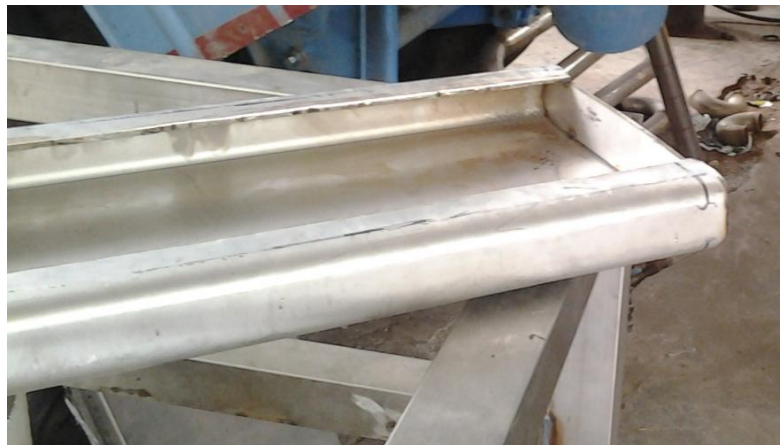


Ilustración 33.-Suelda tapas laterales del puente



Ilustración 34.-Apertura orificios de sujeción del puente

Hecho esto se ensambló la chumacera con pernos y tuercas de seguridad. Se procedió a cortar otra placa de acero que sería el soporte del motor; esta lámina de dimensiones 340 mm de ancho y 200 mm también sería doblada en forma de U para posteriormente ensamblarse las tapas tal como se hizo en el puente del motor. Se ensamblo el puente en la estructura y sujetándolo con pernos se procedió a nivelarlo y asegurarlo. Consecuentemente se montó el eje del motor, sobre el cual se hará una descripción posterior en el sistema de agitación, en el capítulo 6.4 y se lo ensambló al motoreductor. A su vez el motor fue asegurado a la base con tornillos como está indicado en la ilustración 36. Concluido toda esta operación se procedió a medir la distancia del eje y del cilindro. Se colocó alzas de madera para colocar al motor en su sitio procurando que el eje siempre mantenga la misma distancia en todo el cilindro y a su vez se encuentre vertical. Cuando se encontró la posición adecuada se procedió a soldar el puente con la base del motor siempre verificando que esta no se haya movido de su punto de equilibrio.



Ilustración 35.- Nivelación Puente de motor

Reafirmadas todas las sueldas de la estructura, se realizaron aperturas con la cortadora de plasma como se muestra en la ilustración 37 en donde serían montados el reservorio de agua y la bomba de agua descuerdo al plano choco002.



Ilustración 36.-Corte de Orificios para sujeción de bomba

A continuación, para darle una apariencia más estética se procedió a poner ácido H-500 en las soldaduras para que el acero inoxidable recuperara su brillo, como se muestra en la ilustración 42; este proceso se llama decapado y pasivado del acero inoxidable. El decapado es la eliminación de una fina capa de metal de la superficie del acero inoxidable. Se suelen emplear mezclas de ácido nítrico y fluorhídrico para el decapado de los aceros inoxidables. El decapado es el proceso utilizado para eliminar las manchas de termocoloración por soldadura de la superficie de elementos de acero inoxidable, en los que se ha reducido el contenido de cromo de la superficie del acero (Inox, 2004). Para ver la comparación entre procesos diferentes como el descascarillado, decapado, pasivado y limpieza, como un detalle más complejo de lo que es cada uno ver el anexo A.



Ilustración 37.-Decapado de soldaduras

Posteriormente a la decantación se procedió a lijar con lija de agua y a lavar con agua y jabón la estructura, para neutralizar el ácido puesto. Se montó las ruedas de nylon; cada una de estas ruedas pueda soportar un peso de 450kg ya que el conjunto va a tener una estimación de peso de 300Kg dado por el plano de conjunto chocas002 que se encuentra en el anexo C, además de ser giratorias completamente permitiendo una completa movilidad de la máquina en cualquier sentido; poseen frenos para poder situarla en cualquier lugar sin que esta se mueva, estas ruedas se muestran en la ilustración 39.



Ilustración 38.-Ruedas giratorias de Nylon

6.3 Sistema de calentamiento

Para el reservorio se cortó una plancha de 750 mm de largo y 754mm de ancho para posteriormente, usando una roladora de lámina para formar un cilindro de diámetro 240mm de acuerdo con el plano choco003. Se cortó de una placa de 4mm de espesor dos disco de diámetro de 240 mm para asegurarlos mediante puntos de suelda al cilindro como se muestra en la ilustración 44.



Ilustración 39.- Colocación tapas reservorio de agua

Se remató con un cordón de suelda una vez que las tapas estaban correctamente centradas y rectas en su posición y se señaló las aperturas donde se encontraría la resistencia, sensores, entradas y salidas del agua distribuidas entre las dos tapas. Se realizaron las perforaciones con la cortadora de plasma como se muestra en la ilustración 46 y se procedió a asegurar los acoples en donde se ensamblarían los tubos, las resistencias y el sensor de temperatura como se muestra en la ilustración 41 y 42.



Ilustración 40.-Apertura agujero para resistencia en reservorio



Ilustración 41.- suelda acople para resistencia

Se cortó de una plancha de lo que sería el sustento del reservorio, midiendo en la parte inferior una distancia de 20 mm la cual sería doblada. Se aseguraron al cilindro estas “patas” y se realizaron los huecos en donde el cilindro y la estructura se acoplarían. Para el mejor manejo de las tuberías se instalaron acoples universales como se muestra en la ilustración 43. Esto se eligió así para que sea más fácil poder realizar reparaciones y cambios de tuberías si fuere necesario.



Ilustración 42.-Ensamble Universal entrada de agua al reservorio

A partir de los acoples con un tubo de PVC de 6m de largo de 1” con el uso de sierra para cortar este mismo y tarrajas para realizar las roscas se procedió a armar el sistema de tubos con acoples a 90° y 45° como se muestra en las ilustraciones 48 a 51. La posición de la bomba y del reservorio fue planificada de tal manera que no haya mucho recorrido de tubería como se muestra en las ilustraciones 44, 45 y 46; siendo una manera práctica de ser acoplada como se muestra en el plano chocoas004.



Ilustración 43.- Ensamble tubería salida de agua del cilindro al reservorio



Ilustración 44.- Ensamble tubería salida de agua del reservorio a la bomba



Ilustración 45.-Ensamble tubería salida de la bomba al cilindro

Se puso una T en la parte superior de la salida de agua de la marmita como se muestra en la ilustración 47, para poder tener un acceso del agua y esta sea fácilmente cambiada y se procedió a llenar al sistema con 60 litros de agua. Al tener la tapa en la parte superior del sistema se aseguro que mediante presiones atmosféricas una vez que se llene el sistema este se llenara por completo sin dejar vacios de aire para evitar cavitaciones en la bomba.



Ilustración 46.-Tapa y orificio por donde se llena el agua del sistema

6.4.-Sistema de agitación

Con el eje de acero inoxidable de 2" de 1 m de largo se procedió a maquinarlo en el torno de la Universidad San Francisco de Quito, primero refrendando y cilindrando la parte superior del eje que estaría conectado al moto reductor como se muestra en la ilustración 48 y 49. En total el cilindrado completo generó un diámetro de 43 mm; al mismo tiempo en el torno se realiza una apertura de un orificio de 30 mm para realizar una rosca M18 como se muestra en la ilustración 51, con la cual se podrá ajustar un tornillo para asegurar el eje al moto reductor. Esta aseguración se realiza mediante una arandela de 2" de diámetro con orificio de 18 mm para que pueda pasar el tornillo y de un espesor de 2 cm que también será fabricada en el torno, como se muestra en la ilustración 48.

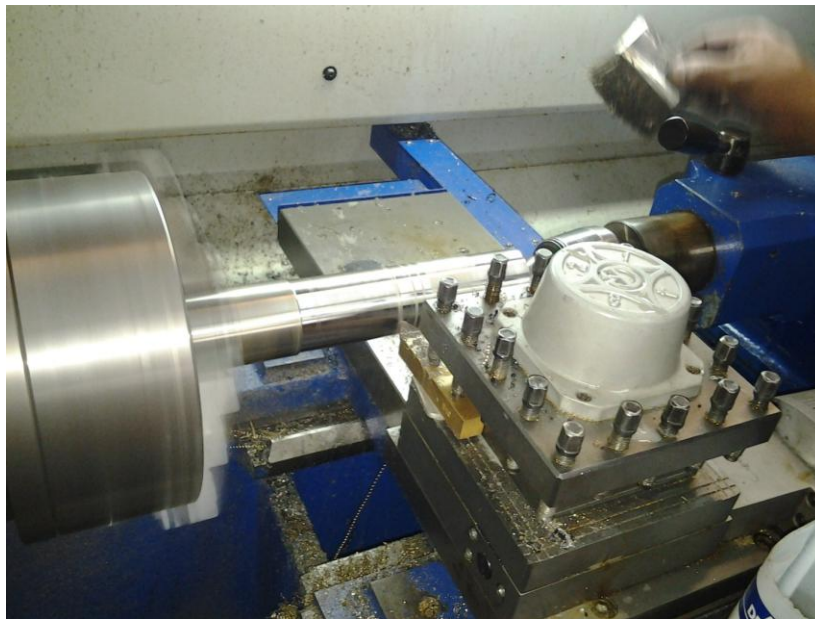


Ilustración 47.-Cilindrado del eje

Para obtener un acabado brillante se procedió a utilizar una plaquita WIDIA llamado inserto para aceros inoxidable como se muestra en la ilustración 49 con lo cual se obtuvo un mejor acabado y mecanizado de la pieza, que con una herramienta de corte E10 que se muestra en la ilustración 48.



Ilustración 48.-Cilindrado con widia



Ilustración 49.-Fresado de chavetero

Con una fresa de 10 mm de diámetro se procedió a ranurar el chavetero con una profundidad de 5 mm como se aprecia en la ilustración 50.



Ilustración 50.-Terminado final maquinado parte superior de eje



Ilustración 51.-Eje más chaveta



Ilustración 52.-Arandela fabricada para ayudar al tornillo a sujetar el eje

6.5.-Sistema de raspadores

Se procedió a formar anillos alrededor del eje, como se muestra en la ilustración 54, esto se lo realizo con placas de acero inoxidable de 25 mm de ancho. El largo de estas placas es de 189 mm y al conformar el anillo, doblando la placa a una forma de anillo de un diámetro de 60 mm. Estos serían los soportes del sistema de raspadores. Para poder formar las placas se las calentó con un soplete de oxiacetilénico hasta el punto de estar al rojo vivo; cuando estaban al rojo vivo y ya sujetas en una entenalla conjuntamente puesta con el eje se le procedió a golpear con un combo tratando de que la placa tome la forma del eje como se muestra en la ilustración 55.



Ilustración 53.-Sujeción en entenalla eje y placa



Ilustración 54.- Formado del anillo con combo.

De la misma placa de acero inoxidable se cortaron 6 pedazos los cuales 4 tenían un largo de 150 mm y los dos restantes de 210 mm y se procedieron a soldar formando dos U como se muestra en la ilustración 56. A estas U se les procedió a soldar en los dos anillos fabricados, procurando que estén simétricas y perfectamente alineadas la una con la otra como se muestra en la ilustraciones 57. Este proceso se lo realizó con una suelda de arco proceso SMAW (Anexo A) y con electrodos E 308-16. Las características de este electrodo es que la suelda posee una resistencia a la tracción de $650 \frac{N}{mm^2}$ y una resistencia al impacto de 60 N.m a +20° C .Este proceso solo se realizó para el ensamble de la estructura de los rascadores.



Ilustración 55.- Raspador primera parte

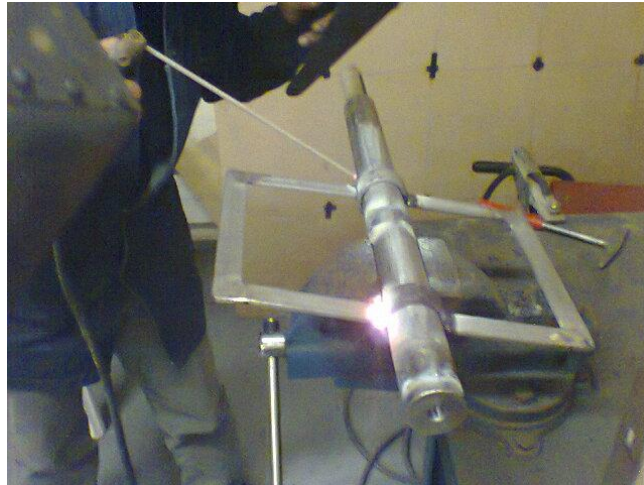


Ilustración 56.-Suelda raspador segunda parte

A continuación se realizaron 6 orificios como se muestra en la ilustración 58 en el eje y la estructura de los raspadores de acuerdo al plano choco005 donde posteriormente se los asegurarán con tornillos especificados en el plano cochoas003.

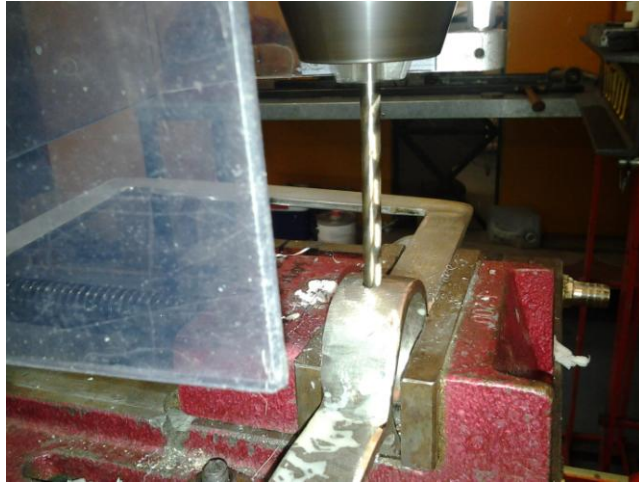


Ilustración 57.-Elaboración perforaciones raspador

Se construyeron los rascadores con dos placas de teflón que por medio de la fresadora se les refrendo; para obtener las dimensiones de 15 mm de alto y 34 mm de ancho como se muestra en la ilustración 59.



Ilustración 58.-fresado para igualar caras en placas de teflón de raspadores

Posteriormente con una fresa M16 y una inclinación a 45° se procedió a dar forma de cuña con lo que se aseguraríamos de que el chocolate de las paredes se dirija al centro del cilindro como se muestra en la ilustración 60.



Ilustración 59.-fresado para dar forma de cuña al Segundo raspador

Luego se realizaron orificios a una distancia de 60mm desde el centro hacia cada uno de los extremos; se procuró extender estos orificios a lo largo para poder dar un juego al raspador. Se ensamblaron estos raspadores a la estructura construida anteriormente de acuerdo al plano chocoas003.

Para poder ensamblar el raspador de fondo al eje se acoplo un tornillo de acero inoxidable de $\frac{3}{4}$ " en la parte inferior de este mismo, soldándolo con proceso GMAW y un electrodo ESAB como se muestra en las ilustraciones 61 a 63.



Ilustración 60.-Refrendado perno de acero inoxidable de 3/4"



Ilustración 61.-Apertura de hueco para la colocación del perno de 3/4"



Ilustración 62.-Suelda del perno de $\frac{3}{4}$ " al eje

6.6.-Raspador del fondo

El diseño del raspador del fondo cambió radicalmente la idea del pre diseño original, la idea surgió de dos cucharas en forma de remo que puedan mover completamente todo el contenido; es así que se diseñó a partir de un cilindro de grilón de diámetro 160 mm. Para la fabricación de este diseño y forma fue necesario recurrir a una fresadora de 5 ejes que posea control numérico CNC (Anexo A). El único lugar que daban el servicio al público y poseía una fresadora de 5 ejes con control numérico y tenía una envergadura de trabajo de 20"x14"x16" era en el Colegio Don Bosco ubicado al norte de Quito donde también es la sede de la Universidad Salesiana Sede Norte, lo cual era lo necesario para poder maquinar la pieza. Es así que en el programa de control numérico con el diseño en 3D de la pieza se programó las pasadas para realizar la pieza que se muestra en las ilustraciones 64 y 65. El programa de control numérico, una muestra se encuentra en el (Anexo D).



Ilustración 63.- Raspador terminado vista posterior



Ilustración 64.-Raspador terminado Vista isométrica

Realizado el mecanizado se procedió a abrir el hueco en el centro con un machuelo de $\frac{3}{4}$ " en donde se acoplaría con el eje como se muestra en la ilustración 66.



Ilustración 65.- Apertura de rosca con machuelo de $\frac{3}{4}$ "

Para concluir el mecanizado se tuvo que circunvalar a la pieza para que esta pueda girar sin ningún inconveniente en el cilindro, de acuerdo al plano choco008, esto también se lo realizo en el Centro de mecanizado del Colegio Don Bosco de Quito Ecuador como se muestra en la ilustración 67.



Ilustración 66.- Cilindrado del Raspador del fondo

6.6.-Recubrimiento exterior

Se compraron tres planchas de acero inoxidable 304-B con las cuales se procedió a realizar las 5 tapas que serían el recubrimiento estético de la maquina. La tapa superior fue cortada con una dimensión de 1026 mm de ancho y 1026 de largo para doblarle en sus cuatros esquinas dejando una superficie cuadra de de 1004 mmx1004mm. A esta tapa superior se la dividió en dos debido que así sería más fácil el montaje y desmontaje en caso de que hubiere necesidad de revisar algún componente interior de la máquina, si no se hubiere hecho esta división para poder desmontar la tapa hubiera sido necesario desmontar las paletas motor moto reductor eje y puente que sostiene al motor lo cual constituye una labor difícil y larga. Es así que la tapa posterior se realizaron 4 orificios de los cuales uno es para la recarga de agua en el sistema de calentamiento, otro es donde va conectado el interruptor de encendido de la maquina, y dos orificios restantes para montar la tapa de la olla la cual no será movable. En la tapa delantera constará también de cuatro orificios: uno para el botón de emergencia, otro para un sensor inductivo, uno donde irá un tornillo que actúa como bisagra, y otro que será un tornillo donde se asienta la tapa como se muestra en la ilustración 68.



Ilustración 67.-Tapa superior huecos botón de encendido y tapa sistema de calentamiento

Igualmente a las tapas laterales a las cuales sólo se les dobló la parte superior de ellas dejando una superficie de 1000mm x 1000mm y la esquina doblada de 50 mm. A estas tapas se removió un pedazo de 400mm de largo que es donde se encontraba ubicado el soporte lateral del puente. A estas tapas también se le realizaron cortes esquineros para que pudieran encajar perfectamente con las tapas delantera y trasera. Además se realizaron los orificios de 10mm de diámetro en cada lado de lo ancho de la placa ya que estos se sujetarían posteriormente a la estructura cuadrada de la maquina como se muestra en la ilustración 75.

La tapa delantera y trasera tuvieron dimensiones de 1103mm de ancho por 1000mm de alto. Se realizó dobleces simétricos en el ancho de la plancha, para que se obtenga una dimensión de 1000mm de acuerdo al plano choco009. La tapa posterior solo se le realizó la apertura de orificios a los que se ensamblarán conjuntamente con los orificios de las tapas laterales descuerdo al plano chocoas002.



Ilustración 68.-Ensamble tapa posterior y tapa lateral

A la tapa delantera se le realizaron aperturas para la caja de control, luces y pantalla del PLC. También se le hizo dos aperturas por donde estará ubicado el tubo de la salida del chocolate y la manija de apertura de la válvula de paso del chocolate. Se procuró adaptar lo mejor posible las formas de cada elemento para asegurar la estética de la máquina.



Ilustración 69.- Ensamble tapa frontal y caja de control

A partir de una plancha de acero y mediante el plano choco012 se realizó un corte circular de 260mm de radio y desde el centro de este disco se realizó otro corte circular de 40mm de diametro. Se realizó un corte del disco, para dar dos partes simétricas que conformarán las tapas, a estas partes se soldó 4 semicirculos de 60 mm de radio de acuerdo con el plano choco015. De ahí se procedió a taladrar las aperturas donde serán ensamblados los tornillos de sujeción y los tronillos que tendran la función de visagras. Se procedió a instalar una perilla tipo bola en la tapa que estará ubicada en la parte delantera de la máquina, este ensamble se puede observar en la ilustración 71 .



Ilustración 70.-Ensamble de Tapas del cilindro

Ensamble eléctrico

Para asegurarse que no existan problemas de seguridad el cableado eléctrico se realizó por dentro de la estructura así se garantiza, que ningún cable eléctrico este expuesto a la vista mejorando la estética y asegurando protección.

Es así que se realizaron pequeños cortes de acuerdo al plano choco002, por los cuales se pasarán los cables; a los cuales se asegurarán con vinchas y tiras de nylon mostradas en las ilustraciones 72 y 73.



Ilustración 71.-Vinchas para sostener los cables eléctricos



Ilustración 72.-Cableado a través de la estructura



Ilustración 73.- Conexión de la resistencia

Se conectó la bomba y la resistencia. Como estos funcionan a 110 voltios no fue necesario un cable 3 en 1 solo un 2 en 1 y el uso de acoples tipo hembra, como se muestra en la ilustración 81. Para la conexión a la toma de la corriente, el cable que iría a la caja de control sería pasado por una manguera corrugada asegurando de que este estaría completamente aislado de la maquina como se muestra en la ilustración 75.

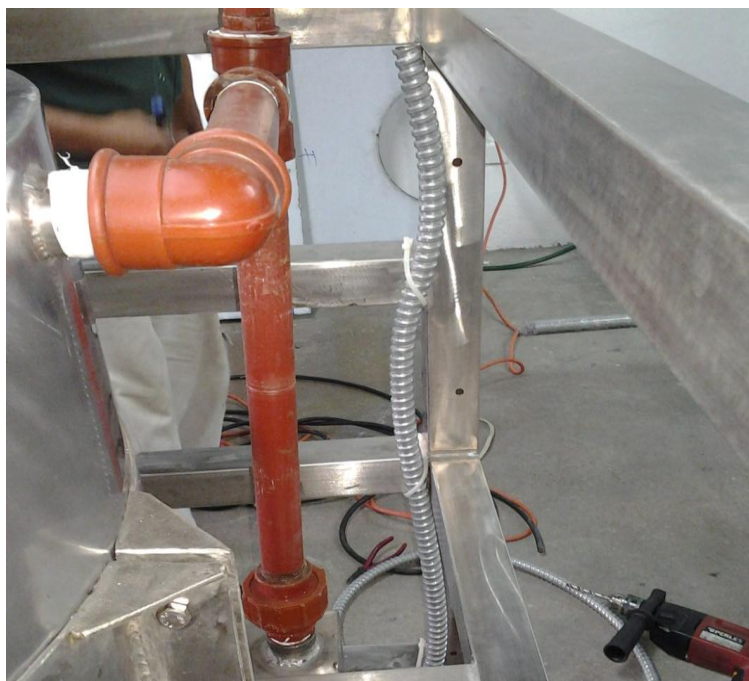


Ilustración 74.-Manguera corrugada para cableado a toma corriente

Se procedió a abrir aperturas en la caja donde estaría puesto el control para así terminar de cablear como se muestra en la ilustración 76.



Ilustración 75-Apertura de orificios caja de control

6.7.-Sistema salida de chocolate

Para la salida de chocolate se utilizaron acoples tipo clamp para tuberías, esto garantizaría que fuera fácilmente de desarmar y limpiar. Adicionalmente de que los empaques son de teflón y grilón que garantiza que no exista ningún tipo de contaminación alimenticia. Para la salida se utilizó una válvula de mariposa tipo clamp en acero inoxidable, un codo a 45° que se muestra en la ilustración 77 y un tubo recto de 500 mm de largo con un bisel en un extremo para darle una inclinación en este extremo se soldó el acople.

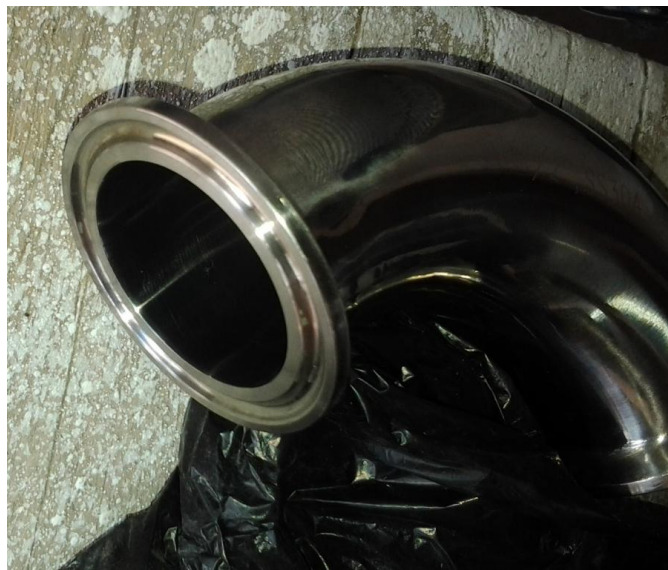


Ilustración 76.-Codo de 45° tipo clamp

Para poder instalar la válvula de mariposa para la salida del chocolate se tuvo que desarmar la manija comprada como se muestra en la ilustración 78. Se construyó un sistema de acople para poder ubicar la manija en la tapa delantera.



Ilustración 77.-Válvula de mariposa tipo clamp

Para poder instalar la manija en la tapa delantera se realizó un acople con un tubo de acero inoxidable de $1\frac{1}{2}$ " esto fue necesario para poder instalar la pieza que gradua la apertura de la valvula de mariposa. Para asegurar la integridad de la pieza se optó por asegurarle con dobleces realizados en el mismo tubo como se muestra en la ilustración 79.



Ilustración 78.-Acople para soporte de la manija de la válvula de mariposa

Para poder conectar la válvula con la manija se construyó una extensión con una varilla cuadrada de acero a la cual se le perforo en cara extremo. En el extremo referente a la válvula se le conecto mediante un tornillo sin fin y para asegurar que no se afloje se fabricó una abrazadera de acero asegurada con remaches. En la parte de la manija sería conectado por un tornillo. Concluido esto se soldó el tubo fabricado a la plancha delantera como se observa en la ilustración 80.



Ilustración 79.-Suelda del acople a la tapa frontal de la estructura

Se ensambla las juntas tipo clamp y la válvula de mariposa con los acoples pertinentes a la tapa delantera como se muestra en la ilustración 89.

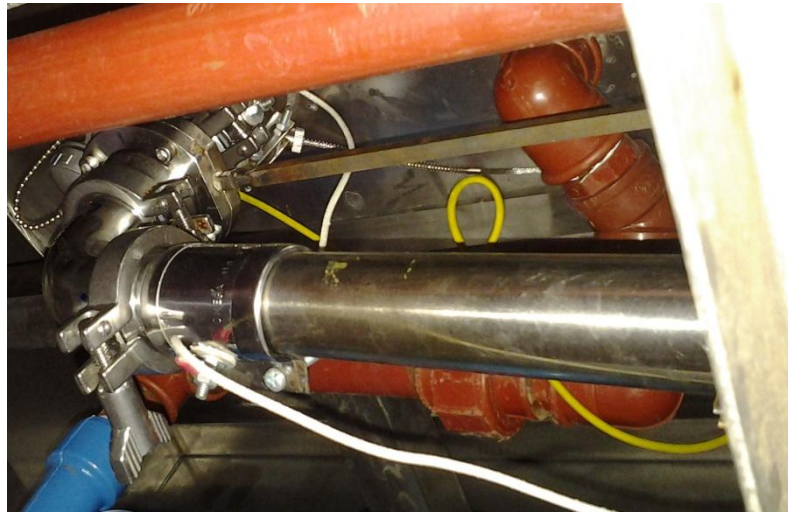


Ilustración 80.- Sistema salida del chocolate



Ilustración 81.- Máquina fundidora producto Final

Conclusiones

- Se diseño y construyó una maquina fundidora de chocolate
- Se diseño una máquina que sea fácil de mover y ocupar en un espacio máximo de 1 m².
- La máquina cumple con las siguientes especificaciones:
 - Es ergonómica.
 - Cilindro tiene una capacidad máxima de 45 lt.
 - El rango máximo de agitación es de 30 RPM
 - Es sanitaria.

Recomendaciones

- Se recomienda que la salida del chocolate posea una resistencia para mantener en fase fluida a este mismo.
- El agua se recomienda cambiarle cada tres meses por cuestiones de mantenimiento.

Bibliografía

- ABNT. (2005). *Sistemas de gestao da qualidade ABNT NBR iso 9000*. Rio de Janerio: ABNT.
- Acerind. (18 de 11 de 2006). *Acerind*. Recuperado el 9 de 12 de 2012, de <http://www.inoxidable.com/propiedades1.htm>
- ACERNID. (11 de 05 de 2011). Recuperado el 12 de 2 de 2013, de <http://www.inoxidable.com/>
- Alonso, H. R. (28 de 12 de 2011). *Univercidad Carlos III de Madrid*. Recuperado el 17 de 02 de 2013, de http://ocw.uc3m.es/ingenieria-mecanica/disenio-mecanico-1/material_clase/ocw_tol_geom/view
- anecacao. (s.f.). *anecacao*. Recuperado el 15 de 08 de 2012, de <http://www.anecacao.com>
- Antonio, J. (7 de 2005). *multimet aceros inoxidables*. Recuperado el 01 de 10 de 2012, de <http://www.multimet.net/pdf/clasificacionaceros.pdf>
- ASME. (2009). ASME 14.5 2009. ASME.
- B.V, L. (1998-2012). *Water treatment solutions Lenntech*. Recuperado el 19 de 12 de 2012, de <http://www.lenntech.es/periodica/elementos/al.htm>
- Barnes, H., Hutton, J. F., & Walters, k. (1989). *An Introduction to Rheological*. Amsterdam: Elsievier.
- CALORCOL. (2008). *Calorcol lana mineral de roca*. Recuperado el 19 de 12 de 2012, de http://www.calorcol.com/Portals/0/Contenidos/Documentos/PDF/mantas_aislantes.pdf
- Cengel, Y., & Boles, M. (2007). *Termodinámica 5ta edición*. México: McGraw-Hill.
- Chhabra, R., & Richardson, J. (2009). *non Newtonian Flow in the proces of the industries*. Great Britain: Butterworth heinemann.
- Cho, J. P. (27 de 02 de 2007). *Nonnewtonians Fluids*.
- Editex. (s.f.). Recuperado el 12 de 2 de 2013, de <http://www.editex.es/RecuperarFichero.aspx?id=18849>
- entradas.zonaingenieria. (13 de 05 de 2009). *entradas.zonaingenieria*. Recuperado el 01 de 10 de 2012, de <http://www.entradas.zonaingenieria.com/2009/05/13-materiales-usados-en-instalaciones.html>
- ESAB. (2009). *ESAB*. Recuperado el 10 de 11 de 2012, de <http://www.esab.com>

- Eyheralde, M. (27 de 07 de 2012). Recuperado el 12 de 2 de 2013, de <http://industriales.utu.edu.uy/archivos/soldadura/01%20El%20inspector%20de%20soldadura.pdf>
- García Quezada, J. C. (8 de 1 de 2008). *Repositorio Institucional de la Univercidad de Alicante*. Recuperado el 28 de 09 de 2012, de <http://rua.ua.es/dspace/bitstream/10045/3626/1/tema5RUA.pdf>
- Gasnovic, G. M. (2001 de 1 de 31). Measurement and Evaluation of drag Coeficient for settling of spherical particules in pseudoplastic fluids. Zagreb, Croatia: Univercity of Zagreb.
- Goddard, M. (10 de 5 de 2005). Chemineer : Concave Disc (CD-6) Impeller : Bulletin 714.
- Guillamon, A. (2007). Tolerancias Geometricas Norma UNE1121-1:1991. 11.
- Gutierrez, C., Sanchez Herencia, J., & Moreno, R. (05 de 06 de 2009). ¿Plástico o pseudoplástico?. Métodos de determinación y análisis. Madrid, España: Arganda del Rey,.
- <http://www.itescam.edu.mx/>. (11 de 06 de 2012). Recuperado el 11 de 2 de 2013, de <http://www.itescam.edu.mx/principal/sylabus/fpdb/recursos/r92756.PDF>
- Ibarrola, E. L. (11 de 2010). www.efn.unc.edu.ar. Recuperado el 10 de 09 de 2012, de <http://www.efn.unc.edu.ar/departamentos/aero/Asignaturas/MecFluid/material/introducci%C3%B3n%20no%20newtonianos.pdf>
- Incopera, D. B. (1999). *Fundamentals of Heat and Mass Transfer 4 ed.* México: Pretince Hall.
- Inox, E. (2004). Decapado y Pasivado del acero inoxidable. *Serie Materiales y sus Aplicaciones, volumen 4* , 2-12.
- Jimenez Mesa, I., tendemo y de la Flor, J. I., & Suarez Rivera, J. P. (2006). *Dibujo Industrial Manual de Apoyo y Docencia*. Gran Canaria: Univercidad de las Palmas de Gran Canaria.
- Larbuero Arrizabalaga, N. (1990). *Prontuario De Máquinas Tecnicas Maquinas Herramientas*. Madrid: Paraninfo.
- Machuca Chiguero, P., & Yopez Fajardo, J. (2009). Diseño y construcción de un viscosímetro de Saybol y desarrollo de un control de temperatura en cascada. Riobamba: Escuela Politecnica de Chimborazo.
- ORGANIZATION, S. (2012). *tiposde.or*. Recuperado el 1 de 11 de 2012, de <http://www.tiposde.org/cotidianos/601-tipos-de-chocolates/>
- Ortolá, S. (17 de 04 de 2009). *Blog de ingeniería de materiales*[word.press.com](http://ingenieriademateriales.wordpress.com). Recuperado el 19 de 12 de 2012, de <http://ingenieriademateriales.wordpress.com/2009/04/17/manual-del-aluminio-y-sus-aleaciones/>

Peña Ramos, R. E., & Parra Sosa, J. H. (2007). Diseño Prototipo de Máquina para fundir chocolate. Pereira-Risaralda: Tesis de Tecnología Universidad Tecnológica de Pereira.

Ploski, A., ADKING, H., ABREFAH, J., CASILLA, A., HOHIMEN, R., NIGL, F., y otros. (2009). Dispositions Velocities of Newtonian and Nonnewtonian slurries in pipelines. US Department of Energy: Laboratories Pacific Northwest.

PRODUFLON. (4 de 10 de 2009). *PRODUFLON*. Recuperado el 9 de 10 de 2012, de http://www.produflon.com.ar/pdf/PTFE_virgen.pdf

QuimiNet. (04 de 09 de 2006). *QuimiNet.com*. Recuperado el 19 de 12 de 2012, de <http://www.quiminet.com/articulos/descubra-que-es-y-como-obtener-espuma-rigida-de-poliuretano-15026.htm>

Quiroz, I. (2010). Chocolate: El sabor que exita. *Phraseicum* , 2-9.

S.L, A. T. (2010). *Almar Técnicas Ortopédicas S.L.* Recuperado el 12 de 19 de 2012, de <http://www.ortoalmar.com/productos.php>

Sámano Tirado, D. A., & Sen, M. (15 de 7 de 2009). *University of Notre Dame*. Recuperado el 10 de 4 de 2011, de www.nd.edu/~msen/MecFl.pdf

Service, O. S. (7 de 2001). *istas*. Recuperado el 19 de 12 de 2012, de <http://www.istas.net/web/abreenlace.asp?idenlace=635>

Silvia, L., & Chocóta, O. (28 de 6 de 2010). Definición de parámetros y diseño del prototipo experimental de un deshidratador de sangre bovina.

TextosCientificos. (29 de 08 de 2005). *TextosCientificos.com*. Recuperado el 29 de 07 de 2012, de <http://www.textoscientificos.com/polimeros/nylon>

Thompson, J. W. (15 de 3 de 1995). non newtonian Shear-Thinning flows past a flat plate. *May 1996* . ELSEVIER.

VelSid. (27 de Julio de 2008). *Gastronomía&Cía*. Recuperado el 28 de Septiembre de 2012

Zanguitu, J. E. (30 de 10 de 2011). *Fisicoquímica secundaria 3° Secundaria*. Recuperado el 13 de 12 de 2012, de <http://fisicoquimicaterceroiem.blogspot.com/2011/10/transmision-del-calor.html>

PEREZ FRANCO, D. Curso de actualización: Selección de Bombas y Tuberías para uso agrícola. Montevideo, noviembre. 1998

PIZARRO, F. Riegos Localizados de alta frecuencia. Ed. Mundi-Prensa. España. 1990

RODRIGO LOPEZ J. HERNANDEZ ABREU, J.M. PEREZ REGALADO, A, Y

GONZALEZ HERNANDEZ, J. Riego localizado. Ed. Mundi-Prensa. España. 1992

SOTELO, G. Hidráulica General. Limusa. Mexico. 1998

Estándar Symbols for Welding, Brazing and Nondestructive Examination AWS2,4-98

Anexos

Anexo A.- Especificaciones técnicas aparatos y materiales utilizados

Espumas de Poliuretano

Espumas rígidas de poliuretano en varias densidades.

Producto	Densidad	Expande
PU-Foam Fill	40 kg/m ³	25x
Foam-it 3	48 kg/m ³	18x
Foam-it 5	80 kg/m ³	10x
Foam-it 8	130 kg/m ³	8x
Foam-it 10	160 kg/m ³	6x
Foam-it 15	240 kg/m ³	4x

Decapado y pasivado Acero Inoxidable

DECAPADO

El decapado es un tratamiento químico que actúa sobre la superficie del acero inoxidable, eliminando impurezas, contaminaciones y manchas producidas por las soldaduras. Con el decapado se consigue un aspecto satinado/mate homogéneo y una superficie limpia y pasivada, con la máxima protección anti-corrosiva.

Con el decapado obtenemos una superficie totalmente descontaminada y libre de marcas de termosoldadura. Las superficies pasivadas garantizan las propiedades anticorrosivas del acero inoxidable.

Bajo las normativas internacionales más comunes aplicables al decapado:

ASTM A380 · ASTM A 967 · ASME BPE · UNE-EN-2516

PASIVADO

El pasivado es un proceso que efectúa la eliminación química de la contaminación metálica de la superficie del acero inoxidable, producida en los procesos de manipulación y fabricación de las piezas y componentes (soldadura, mecanizado, estampado, corte, etc.) y la regeneración de su capa pasiva de una manera controlada y segura.

Se realiza el pasivado bajo las normativas internacionales:

ASTM A967, ASTM A380, AMS 2700C, AMS QQ-P-35, UNE EN 2516.

El pasivado es un proceso imprescindible para asegurar que la capa pasiva de óxidos de cromo del acero inoxidable, se genere correctamente y por lo tanto la resistencia a la corrosión sea la indicada para el tipo de aleación.

Aplicable en la industria química, farmacéutica, aeronáutica, aeroespacial, en alimentación, obra pública, mobiliario, industria en general.

Anexo B.- Resultados de Ensayos Químicos

Anexo C.- Planos

Anexo D.- Código G de paletas

```

%
O0000(BROCA CENTR2)
(DATE=DD-MM-YY - 06-09-12 TIME=HH:MM - 09:05)
(MCX FILE - C:\USERS\PC\DESKTOP\MOLDE CINTA\PLACA MOLDEO EXPULSION PERFOR.MCX)
(NC FILE - C:\USERS\PC\DESKTOP\MOLDE CINTA\CINTA\BROCA CENTR2.NC)
(MATERIAL - ALUMINUM MM - 2024)
( T2 | 3. DRILL | H2 )
N100 G21
N102 G0 G17 G40 G49 G80 G90
N104 T2 M6
N106 G0 G90 G54 X-120. Y9.004 S1500 M3
N108 G43 H2 Z3.
N110 G99 G81 Z-3. R3. F30.
N112 X40.
N114 X-40.
N116 X120.
N118 X-30. Y-45.
N120 X-150.
N122 X-242.
N124 X-220. Y-10.
N126 X-340. Y45.
N128 X340.
N130 X220. Y-10.
N132 X242. Y-45.
N134 X150.
N136 X30.
N138 X-120. Y45.
N140 X-40.
N142 X40.
N144 X120.
N146 X-175. Y15.
N148 X175.
N150 X-120. Y-14.
N152 X-40.
N154 X40.
N156 X120.
N158 G80
N160 M5
N162 G91 G28 Z0.
N164 G28 X0. Y0.
N166 M30
%
```

```

%
O0000(130X130X40)
(DATE=DD-MM-YY - 06-09-12 TIME=HH:MM - 14:48)
(MCX FILE - G:\RASPADOR DE FONDO 1.MCX)
(NC FILE - I:\CDG\130X130X40.NC)
(MATERIAL - ALUMINUM MM - 2024)
( T2 | 16. BALL ENDMILL | H2 )
N100 G21
N102 G0 G17 G40 G49 G80 G90
N104 T2 M6
N106 G0 G90 G54 X-54.5 Y-54.5 S1790 M3
N108 G43 H2 Z25.
N110 Z5.
N112 G1 Z-2. F268.5
N114 X54.5 F537.
N116 Y-43.6
N118 X-54.5
N120 Y-32.7
N122 X54.5
```

N124 Y-21.8
N126 X-54.5
N128 Y-10.9
N130 X54.5
N132 Y0.
N134 X-54.5
N136 Y10.9
N138 X54.5
N140 Y21.8
N142 X-54.5

Continúa...

N9800 X36.892 Y47.952
N9802 X36.371 Y48.348
N9804 X35.845 Y48.739
N9806 X35.314 Y49.124
N9808 X34.778 Y49.505
N9810 X34.237 Y49.881
N9812 X33.691 Y50.251
N9814 X33.141 Y50.615
N9816 X32.578 Y50.98
N9818 X32.299 Y51.157
N9820 X31.738 Y51.507
N9822 X31.181 Y51.846
N9824 X30.62 Y52.18
N9826 X30.055 Y52.507
N9828 X29.486 Y52.829
N9830 X28.913 Y53.145
N9832 X28.336 Y53.455
N9834 X27.756 Y53.758
N9836 X27.172 Y54.056
N9838 X26.586 Y54.347
N9840 X25.997 Y54.631
N9842 X25.405 Y54.909
N9844 X24.81 Y55.18
N9846 X24.214 Y55.445
N9848 X23.615 Y55.703
N9850 X22.998 Y55.96
N9852 X22.92 Y55.992
N9854 X22.302 Y56.241
N9856 X21.697 Y56.477
N9858 X21.087 Y56.708
N9860 X20.475 Y56.931
N9862 X19.858 Y57.149
N9864 X19.239 Y57.36
N9866 X18.616 Y57.565
N9868 X17.991 Y57.763
N9870 X17.363 Y57.955
N9872 X16.733 Y58.14
N9874 X16.1 Y58.318
N9876 X15.466 Y58.489
N9878 X14.83 Y58.654
N9880 X14.192 Y58.812
N9882 X13.553 Y58.962
N9884 X13.099 Y59.064
N9886 G0 Z25.
N9888 M5
N9890 G91 G28 Z0.
N9892 G28 X0. Y0.
N9894 M30
%