



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE CIENCIAS

ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA

**“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN EQUIPO PARA EL LAVADO ÁCIDO O
BÁSICO DE LOS GRÁNULOS DE PLÁSTICO RECICLADO PET”**

TESIS DE GRADO

PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE

INGENIERO QUÍMICO

PRESENTADO POR

MARÍA BELÉN CHILUIZA LLANGARÍ

CRISTOFHER ISRAEL TACLE HUMANANTE

RIOBAMBA-ECUADOR

2013

AGRADECIMIENTO

Quisiéramos empezar agradeciendo a Dios por la sabiduría, el entendimiento y la fuerza para seguir adelante y no decaer y así llegar a cumplir nuestro tan anhelado sueño.

Agradecer a nuestras familias que con el apoyo, el amor, el sacrificio y la confianza hicieron de nosotros personas de bien, que con sus consejos supieron inculcarlos los valores de honestidad, humildad y perseverancia.

A la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, a la Escuela de Ingeniería Química, por compartir con nosotros sus conocimientos y a nuestros queridos profesores Ing. Hanníbal Brito M. e Ing. Aida Granja, quienes han sido nuestros guías durante el camino recorrido hasta la culminación del presente trabajo.

María Belén Chiluiza & Cristofher Tacle

DEDICATORIA

Dedico este trabajo de investigación primeramente a Dios y a mi Madre María Inés por ser los motores que mueven mi vida, a mi Padre Silvio Sigifredo, a mis hermanos Paul, Diego, y Silvio Stalin que supieron apoyarme y guiarme incondicionalmente para cumplir las metas que me he trazado en mi vida.

Cristofher Tacle

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a Dios y a la Madre Dolorosa por darme la sabiduría necesaria, a mis queridos padres Jorge Aníbal y María Piedad, quienes con su amor, apoyo y ejemplo supieron guiarme para cumplir con mi sueño, a mis hermanos Alejandro, Miguel, Mónica, por brindarme su cariño y apoyo incondicional.

María Belén Chiliza

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE CIENCIAS

ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA

El tribunal de tesis certifica que: El trabajo de investigación **“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN EQUIPO PARA EL LAVADO ÁCIDO O BÁSICO DE LOS GRÁNULOS DE PLÁSTICO RECICLADO PET”**, de responsabilidad de los señores María Belén Chiluíza Llangarí y Cristofher Israel Tacle Humanante ha sido prolijamente revisado por los Miembros del Tribunal de Tesis, quedando autorizado su presentación.

NOMBRE	FIRMA	FECHA
Dr. Silvio Álvarez L. DECANO FAC. CIENCIAS
Ing. Mario Villacrés A. DIRECTOR ESC. ING. QUÍMICA
Ing. Hanníbal Brito M. DIRECTOR DE TESIS
Ing. Aida Granja. MIEMBRO DEL TRIBUNAL
Tc. Carlos Rodríguez. DIRECTOR CENTRO DOCUMENTACIÓN
Nota de Tesis Escrita	

HOJA DE RESPONSABILIDAD

“Nosotros, MARÍA BELÉN CHILUIZA LLANGARÍ Y CRISTOFHER ISRAEL TACLE HUMANANTE, somos responsables de las ideas, doctrinas y resultados expuestos en esta tesis, y el patrimonio intelectual de la Tesis de Grado pertenece a la **Escuela Superior Politécnica de Chimborazo**”

MARÍA BELÉN CHILUIZA LLANGARÍ CRISTOFHER TACLE HUMANANTE

TABLA DE CONTENIDO

Pp:

PORTADA

AGRADECIMIENTO

DEDICATORIA

HOJA DE FIRMAS

HOJA DE RESPONSABILIDAD

ÍNDICE DE ABREVIATURAS

ÍNDICE DE CUADROS

ÍNDICE DE TABLAS

ÍNDICE DE FIGURAS

ÍNDICE DE ANEXOS

RESUMEN

i

SUMMARY

ii

INTRODUCCIÓN

iii

ANTECEDENTES

v

JUSTIFICACIÓN

vii

OBJETIVOS

viii

CAPÍTULO I		Pp:
1	MARCO TEÓRICO	- 1 -
1.1	PLÁSTICOS	- 1 -
1.1.1	INTRODUCCIÓN	- 1 -
1.1.2	CLASIFICACIÓN DE ENVASES PLÁSTICOS	- 2 -
1.1.3	PROPIEDADES DE LOS PLÁSTICOS	- 3 -
1.1.4	APLICACIONES Y USOS	- 6 -
1.2	TERFTALATO DE POLIETILENO (PET)	- 7 -
1.2.1	INTRODUCCIÓN	- 7 -
1.2.2	OBTENCIÓN DE PLÁSTICO PET	- 8 -
1.2.3	PROPIEDADES DEL PLASTICO PET	- 10 -
1.2.4	APLICACIONES	- 12 -
1.3	RECICLAJE	- 14 -
1.3.1	INTRODUCCIÓN	- 14 -
1.3.2	RECICLAJE EN EL ECUADOR	- 14 -
1.3.3	RECICLAJE DE PLÁSTICO	- 17 -
1.3.4	LAS TRES “R” EN EL USO DEL PET	- 17 -
1.4	SISTEMA DE LAVADO	- 25 -
1.4.2	ETAPAS DE LAVADO	- 26 -
1.5	DISEÑO	- 34 -
1.5.1	DETERMINACIÓN DE LOS PUNTOS A MUESTREAR	- 34 -
1.5.2	DETERMINACIÓN DE LA PRODUCCIÓN PER CÁPITA	- 35 -
1.5.3	DETERMINACIÓN DE LAS SOLUCIONES DE LAVADO	- 36 -
1.5.4	LAVADORA	- 37 -
CAPÍTULO II		
2	PARTE EXPERIMENTAL	- 42 -
2.1	MUESTREO	- 42 -
2.2	METODOLÓGIA	- 42 -
2.2.1	MÉTODOS Y TÉCNICAS	- 42 -
2.3	DATOS DE DISEÑO	- 48 -

CAPÍTULO III	Pp:
3 DISEÑO	- 50 -
3.1 CÁLCULOS	- 50 -
3.1.1 DETERMINACIÓN DEL NÚMERO DE PUNTOS A MUESTREAR	- 50 -
3.1.2 DETERMINACIÓN DE LA PRODUCCIÓN PER CÁPITA	- 50 -
3.1.3 DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DEL EQUIPO PARA EL LAVADO DE GRANULOS DE PLASTICO RECICLADO PET	- 50 -
3.1.4 CÁLCULO PARA EL SISTEMA DE AGITACIÓN	- 51 -
3.1.5 CÁLCULO DE LA DIMENSIÓN DE LAS PALETAS	- 52 -
3.1.6 CÁLCULO DE LA POTENCIA PARA EL ACCIONADOR	- 52 -
3.1.7 CÁLCULO DE LA SOLUCIÓN DE $\text{Na}(\text{OH})$	- 53 -
3.1.8 CÁLCULO DE LA SOLUCIÓN DE NaClO	- 54 -
3.2 RESULTADOS	- 55 -
3.2.1 DIMENSIONAMIENTO DEL LAVADOR	- 55 -
3.2.2 RITMO DE ELIMINACIÓN DE MICROORGANISMO AEROBIOS MESÓFILOS	- 55 -
3.2.3 PORCENTAJE DE HUMEDAD DE LAS ESCAMAS DE PET LAVADAS	- 58 -
3.2.4 OBSERVACIÓN Y ANALISIS DE LAS LÁMINAS DE PLÁSTICO PET	- 58 -
3.2.5 PROPIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS DEL AGUA DE DESCARGA	- 59 -
3.3 REQUERIMIENTOS PRESUPUESTO	- 59 -
3.3.1 RECURSOS HUMANOS	- 59 -
3.3.2 RECURSOS MATERIALES	- 60 -
3.3.3 RECURSOS TOTALES	- 60 -
3.4 ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS	- 61 -
CAPÍTULO IV	
4 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	- 62 -
4.1 CONCLUSIONES	- 62 -
4.2 RECOMENDACIONES	- 62 -
CAPÍTULO V	
5 BIBLIOGRAFIA	- 64 -
ANEXOS	-67-

ABREVIATURAS

W	Alto de la paleta (m)
L	Ancho de las paletas (m)
cm ²	Centímetro cuadrado
cm ³	Centímetro cúbico
Z1- α :	Coefficientes de confianza al 95%
PVC	Cloruro de polivinilo
P	Densidad del fluido (kg/L)
σ^2	Desviación estándar
D_1^2	Diámetro del reactor (m)
D _a	Diámetro del rodete (m)
D _t	Diámetro del tanque (m)
E _K	Energía cinética (J)
E	Error permisible
°C	Grados centígrados
NaOH	Hidróxido de sodio
BHET	Hidroxietilentereftalato
NaClO	Hipoclorito de sodio
H	Humedad (%)
Kg	Kilogramos
Kg/d	Kilogramo día
kg/hab/día	Kilogramo por habitante por día
Kg/m ³	Kilogramos por metro cúbico
ml	Mililitros
mg/L	Miligramos por litro
m ₁	Muestra humedad
m ₂	Muestra seca
N _Q	Número del flujo

N_p	Número de potencia
NRe	Número de Reynolds
Pa.s	Pascales por Segundo
Wt	Peso total de residuos
Π	pi (3,1416)
# Personas	Población total de los puntos muestreados
PS	Poliestireno
HDPE	Polietileno de alta densidad
LDPE	Polietileno de baja densidad
PP	Polipropileno
P	Potencia (watts)
Ph	Potencial de hidrogeno
HP	Potencia del motor (HP)
%	Porcentaje
PPC	Producción per cápita
PHT	Polyhidroxilethilterephtalato
PET	Tereftalato de polietileno
RPET	Tereftalato de polietileno reciclado
N	Total de zonas
V'_2	Velocidad total del líquido (m/s)
Q	Velocidad volumétrica de flujo (m^3/s)
μ	Viscosidad de la mezcla de fluido (Pa·s)
V	Volumen (m^3)

ÍNDICE DE CUADROS

CUADRO	NOMBRE	Pp:
1.1.2-1	CLASIFICACION DE BOTELLAS PLÁSTICAS	3
1.2.4-1	APLICACIONES COMUNES DEL PET	13

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA	NOMBRE	Pp.
1.2.3-1	DATOS TECNICOS DEL PET	11
1.3.4.2.1.1-1	CARACTERÍSTICAS DEL RPET Y PETVIRGEN	22
2.2.1.2.1-1	DETERMINACIÓN DE LA PPC DE BOTELLAS PET	44
2.2.1.2.2-1	DETERMINACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE NaOH	45
2.2.1.2.3-1	DETERMINACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE NaClO	46
2.2.1.2.4-1	DETERMINACIÓN DEL % DE HUMEDAD	47
2.3.1.1-1	PRODUCCIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS POR DIA – ESPOCH	48
2.3.1.1-2	DATOS PARA PROCESO DE LAVADO	49
3.2.1-1	DIMENSIONAMIENTO DEL LAVADOR	55
3.2.2.1-1	ELIMINACIÓN DE AEROBIOS MESÓFILOS	55
3.2.2.2-1	ELIMINACIÓN DE AEROBIOS MESÓFILOS	56
3.2.2.3-1	ELIMINACIÓN DE AEROBIOS MESÓFILOS	57
3.2.3-1	PORCENTAJE DE HUMEDAD DE LAS ESCAMAS DE PET LAVADO	58
3.2.4-1	OBSERVACIÓN DE LAS LÁMINAS DE PLÁSTICO PET	58
3.2.5-1	PROPIEDADES FISICO-QUÍMICAS DEL AGUA DE DESCARGA	59
3.3.1-1	RECURSOS HUMANOS	59
3.3.2-1	RECURSOS MATERIALES	60
3.3.3-1	RECURSOS TOTALES	61

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA	NOMBRE	Pp.
1.2.2-1	SÍNTESIS DEL PET	9
1.2.2-2	OBTENCIÓN DEL PET A NIVEL INDUSTRIAL	10
1.4.2.1.2-1	TANQUE TÍPICO DEL PROCESO CON AGITACIÓN	28
1.4.2.2-1	AGITADORES PARA LIQUIDOS CON VISCOSIDAD MODERNA	29
1.4.2.2.1.1-1	DIMENSIONAMIENTO PARA UNA TURBINA	31
1.4.2.2.1.1-2	ANÁLISIS DIMENSIONAL PARA LA AGITACIÓN	31
1.4.2.3-1	SISTEMA DE AGITACIÓN	32

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO	NOMBRE	Pp.
I	EXÁMEN MICROBIOLÓGICO DE LA MUESTRA DE PLÁSTICO RECICLADO	67
II	EXÁMEN MICROBIOLÓGICO DE LA MUESTRA DE PLÁSTICO LAVADO	68
III	INFORME DE ANÁLISIS DE LÁMINAS DE PLÁSTICO	69
IV	INFORME DE ANÁLISIS DE PLASTICO PET	70
V	INFORME DE ANÁLISIS DE AGUAS	71
VI	EQUIPO LAVADOR DE GRÁNULOS DE PLÁSTICO RECICLADO PET	72
VII	DISEÑO DEL EQUIPO LAVADOR DE GRÁNULOS DE PLÁSTICO RECICLADO PET	73

RESUMEN

Se desarrolló el Diseño y Construcción de un Equipo para el Lavado ácido o básico de gránulos de plástico reciclado PET, el cual será implementado en el Laboratorio de Operaciones Unitarias, Escuela de Ingeniería Química, Facultad de Ciencias de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo (ESPOCH).

Se aplicó el método inductivo y deductivo, para determinar la cantidad de residuos sólidos que genera la ESPOCH, a partir de datos experimentales y variables de proceso obtenidas en base al estudio realizado previamente se estableció que el 17% de los residuos sólidos corresponden al plástico tipo PET.

El Equipo lavador se construyó con acero inoxidable AISI 304, un sistema de agitación (motor reductor 1HP, eje de transmisión, 4 paletas), un tanque de almacenamiento de 240 litros, utilizando como fuente de energía corriente eléctrica de 110V.

El proceso de lavado se realizó preparando una solución de lavado de 0,1% de NaClO, efectuando el lavado en tres lotes de 6,67 kg de escamas de PET con una duración de 20 minutos para cada lote de lavado.

Se logró obtener una eficiencia del 91% del equipo así como un rendimiento del 96% del proceso, concluyendo así un producto apto para su siguiente línea de proceso que es el secado.

Se recomienda que el equipo sea parte de la segunda etapa de la línea principal de producción para la obtención de pelets.

SUMMARY

It was developed the design and construction of an equipment for the acid washed or basic of recycled plastic granules PET (poli etilen tereftalato) which will implement in the unitary operations, School of Chemistry Engineering, Science School of the Escuela Superior Politecnica de Chimborazo, (ESPOCH).

It was applied the inductive and deductive method, to determine the quantity of solid waste that is generated by the ESPOCH, from experimental data and variables of process obtained in basis to the realized studio previously was established that 17% of solid waste correspond to the plastic type PET.

The washer equipment was built with stainless steel AISI 304, an agitation system (gear motor 1HP, transmission shaft, 4 paddles), a storage tank of 240 liters, using like source of energy, electrical current of 110V.

The washed process was realized preparing a washing solution of 0,1% of NaClO (sodium hypochlorite), effecting the washing in three batching of 6,67 kg of scales of PET with a 20 minutes long for each batching of washing.

It was possible to have an efficiency of 91% of equipment as well as like a performance of suitable product for next process line that is the drying.

It was recommended that the equipment be part of the second stage of the principal line of production for obtaining pellets.

INTRODUCCIÓN

En el último siglo el deterioro del ambiente ha crecido en índices alarmantes que ha generado un desequilibrio en el ecosistema. Dicho daño esta ocasionado en gran medida cambios que hay en los patrones de consumo, cultura y tecnología. Este volumen incontrolable de desechos conlleva a que exista en la naturaleza una penetración de agentes contaminantes o también llamados residuos, que provocan alteraciones en el agua, suelo y aire llegando a ser nocivos para todos los seres vivos que habitan el planeta.

En la mayoría de lugares de la Escuela Superior Politécnica del Chimborazo existen problemas de recolección y clasificación de estos residuos. Además la inadecuada planificación respecto a la creciente generación de residuos sólidos ha hecho difícil cumplir con las exigencias y parámetros de control de la contaminación del ambiente.

Por esta razón de manera innovadora un grupo de estudiantes de la Facultad de Ciencias de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo contempló dentro de la línea de Investigación de reciclado de botellas PET en la ESPOCH el manejo adecuado (reciclaje) del plástico PET en toda la institución, con el fin de que esto no se convierta en un problema, sino buscar una solución viable procesando al plástico PET para transformarlo en materia prima para otros procesos de manufactura.

El equipo de lavado tiene una capacidad de 20 Kg/h repartidas en tres cargas diarias, con una capacidad de 6,67 kg de escamas de PET y el proceso de lavado se efectuará en un tiempo aproximado de 20 minutos; el sistema del equipo lavador consta de un tanque con capacidad de 240 litros, un eje provisto de cuatro paletas de agitación impulsados por un motor reductor.

Además con el presente estudio se busca aportar a toda la comunidad politécnica no solo un estudio técnico sobre el reciclaje del PET sino también crear una cultura de reciclaje para el bienestar de la comunidad Politécnica.

En el presente trabajo se propone el diseño de una máquina lavadora de escamas de PET reciclado, con lo cual, se pretende eliminar polvo, fino del triturado, cuerpos extraños así

como la desinfección de dichas escamas para los siguientes procesos que involucra este reciclado de botellas en la ESPOCH.

ANTECEDENTES

En las ciudades de países pobres o de economía de transición, es frecuente ver RSP acumulados en basureros o tiraderos a cielo abierto.

Como todos saben, el uso de plástico PET en el planeta ha venido creciendo inmensamente en las últimas 3 décadas dada su utilidad. El nombre técnico del PET es Polietileno tereftalato y es un polímero termoplástico derivado del petróleo.

El problema radica en que, según la ONU, cuatro de cada cinco botellas de PET utilizadas van directamente a los basureros. Esto significa que solamente el 20% del PET utilizado se recicla y esto es verdadero para países con alta conciencia ecológica como sucede en la Unión Europea: Alemania, Francia, Italia, Suiza y Austria (19%), en los Estados Unidos de América (EUA), la literatura reporta interés por el reciclaje, en los últimos veinte años.

En Ecuador el Ministerio del Ambiente (MAE), a través del Programa Nacional de Desechos Sólidos, ha receptado la información expedida por el Servicio de Rentas Internas (SRI), respecto a la cantidad de botellas PET recuperadas el año anterior.

En 2012 se produjeron 1 406 millones de botellas, de las cuales se lograron recuperar 511 millones de los embotelladores y 624 millones de los centros de acopio y recicladores, logrando una recolección total de 1 136 millones de PET.

Desde la instauración del Impuesto Redimible de \$0,02 (centavos) en botellas plásticas, el pasado 9 de enero del 2012, la recolección de botellas ha crecido notablemente. En el 2011, la recolección fue del 30% y en el año pasado incrementó un 80%.

La Ley de Fomento Ambiental y Optimización de los Ingresos del Estado, publicada en el Suplemento del Registro Oficial No. 583, de 24 de noviembre de 2011, creó el Impuesto Redimible a las Botellas Plásticas no Retornables con la finalidad de disminuir la contaminación ambiental y estimular el proceso de reciclaje.

En la actualidad en la ESPOCH, hay la reproducción de una gran cantidad de residuos sólidos debido al aumento en la población estudiantil, en la cual, la generación de botellas PET (60 kg PET/día) es muy alta y su proceso de reciclaje es casi nulo.

JUSTIFICACIÓN

La facultad de Ciencias, de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo y ante de la realización de este proyecto, no existía un programa formal sobre el manejo de botellas plásticas PET.

Esto impulsó en primer lugar a lograr un conocimiento claro y preciso de la cantidad de plástico que se genera en la ESPOCH; y en segundo lugar a diseñar un equipo LAVADOR DE GRÁNULOS DE PLÁSTICO RECICLADO PET en uno de los procesos destinados a el reciclaje de plástico PET.

Además que con este proyecto, se da respuesta a una de las líneas de investigación de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, siendo esta la gestión sobre el reciclaje de plástico PET en los sectores de Recursos Naturales y ambiente en el área de biotecnología.

El equipo para su implementación, cumplirá con todos los requerimientos necesarios, se realizará la determinación de las variables del proceso como: capacidad, temperatura de lavado, tiempo de lavado, nivel de agitación, etc.

Con estas consideraciones además de contar con los recursos humanos, físicos y económicos por autogestión, se propone como tema de trabajo de graduación, el DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN EQUIPO PARA EL LAVADO ÁCIDO O BÁSICO DE LOS GRÁNULOS DE PLÁSTICO PET.

OBJETIVOS

GENERAL

Realizar el Diseño y Construcción de un equipo para el lavado ácido o básico de los gránulos de plástico reciclado PET.

ESPECÍFICOS

- Determinar la producción per cápita de botellas PET en la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.
- Caracterizar los gránulos de PET a ser usados en el proceso.
- Identificar las variables de proceso, y efectuar los cálculos de ingeniería necesarias para la construcción del equipo.
- Realizar la validación del equipo.

CAPÍTULO I

MARCO TEÓRICO

1 MARCO TEÓRICO

1.1 PLÁSTICOS

1.1.1 INTRODUCCIÓN

Los plásticos son polímeros, es decir, estructuras compuestas por miles de moléculas. El plástico es un material sólido sintético o semi-sintético, disponible en una amplia variedad de presentaciones, muy utilizado en la elaboración de productos industriales.

La palabra plástico puede definir, de manera general, a todas las sustancias sin punto fijo de ebullición, que en un intervalo de temperaturas, son flexibles y elásticas y, por lo tanto, moldeables y adaptables a diversas formas y aplicaciones.

“El primer plástico se origina como resultado de un concurso realizado en 1860 en los Estados Unidos, cuando se ofrecieron 10,000 dólares a quien produjera un sustituto del marfil (cuyas reservas se agotaban) para la fabricación de bolas de billar. Ganó el premio John Hyatt, quien inventó un tipo de plástico al que llamó celuloide.

En 1907 Leo Baekeland inventó la baquelita, el primer plástico calificado como termo fijo o termoestable: plásticos que puede ser fundidos y moldeados mientras están calientes.

Los resultados alcanzados por los primeros plásticos incentivaron a los químicos y a la industria a buscar otras moléculas sencillas que pudieran enlazarse para crear polímeros.

En la década de los 30, químicos ingleses descubrieron que el gas etileno polimerizaba bajo la acción del calor y la presión, formando un termoplástico al que llamaron polietileno (PE). Hacia los años 50 aparece el polipropileno (PP). Al remplazar en el etileno un átomo

de hidrógeno por uno de cloruro se produjo el cloruro de polivinilo (PVC), un plástico duro y resistente al fuego, especialmente adecuado para cañerías de todo tipo.

Al agregarles diversos aditivos se logra un material más blando, sustitutivo del caucho, comúnmente usado para ropa impermeable, manteles, cortinas y juguetes. Un plástico parecido al PVC es el politetrafluoretileno (PTFE), conocido popularmente como teflón y usado para rodillos y sartenes antiadherentes.

Otro de los plásticos desarrollados en los años 30 en Alemania fue el poliestireno (PS), un material muy transparente comúnmente utilizado para vasos, pots y hueveras.

En la presente década, principalmente en lo que tiene que ver con el envasado en botellas y frascos, se ha desarrollado vertiginosamente el uso del tereftalato de polietileno (PET), material que viene desplazando al vidrio y al PVC en el mercado de envases. »¹

1.1.2 CLASIFICACIÓN DE ENVASES PLÁSTICOS








Aunque hay diferentes tipos de plásticos, no todos ellos pueden ser reciclados y algunos de los que pueden ser reciclados no pueden ser aceptados por un centro de reciclaje.

El código, por lo general se encuentra en la parte inferior del recipiente de plástico, se compone de tres flechas en sentido de las agujas del reloj y crea un triángulo con esquinas redondeadas, esto hoy en día representa también todo lo de la cultura del reciclaje.

¹ www.monografias.com/trabajos5/plasti/plasti.shtml

CUADRO 1.1.2-1

CLASIFICACIÓN DE BOTELLAS PLÁSTICAS

CÓDIGOS	NOMBRE	ABREVIATURA	DESCRIPCIÓN
	Tereftalato de polietileno	PET	Se utiliza mayormente en la fabricación de bebidas suaves y refrescos.
	Polietileno de alta densidad	HDPE	Una gran cantidad de productos son elaborados de este tipo de plástico. Es el más común en los productos del consumidor: botellas para la leche, agua, detergentes, suavizadores de ropa y blanqueadores.
	cloruro de polivinilo	PVC	Se utiliza para fabricar envases de: aceites cosméticos, enjuagadores bucales, mangueras de jardín, cortinas de baño, tarjetas de crédito.
	polietileno de baja densidad	LDPE	Cosméticos y ciertos productos de aseo personal. Bolsas plásticas para emparedados y bolsas transparentes de lavanderías.
	Polipropileno	PP	En las tapas plásticas de los envases, en la fabricación de sorbetos y alfombras
	Poliestireno	PS	Es utilizado en la producción de espuma plástica. Vasos o tazas de bebidas calientes.
	Plásticos mezclados	-	Incluye una gran variedad de productos como plásticos mixtos.

FUENTE: elmundodelosplasticos.blogspot.com/2009/11/clasificacion-de-los-plasticos.html

1.1.3 PROPIEDADES DE LOS PLÁSTICOS

1.1.3.1 PROPIEDADES QUÍMICAS

- **Resistencia a la corrosión** es la propiedad de los materiales que oponen a su destrucción por reacciones químicas o electroquímicas con el medio ambiente.

- **Resistencia a los ácidos y bases** los plásticos resisten ácidos y bases desde concentraciones bajas hasta concentraciones elevadas.
- **Resistencia al descascarillado** se refiere a la acción del aire y de gases de hornos a elevadas temperaturas.

1.1.3.2 PROPIEDADES FÍSICAS

Las propiedades mecánicas de los plásticos tienen una estrecha relación con la temperatura. Al aumentar ésta, las resistencias disminuyen. Esto es particularmente cierto para los termoplásticos, que se reblandecen a elevadas temperaturas y se endurecen y vuelven más rígidos al enfriarse. Cuando se emplean termoplásticos debe tenerse en cuenta las temperaturas de utilización. Aumentar la producción de plastificante puede tener el mismo efecto que aumentar la temperatura. Los termoestables debido a su estructura interconectada en retícula, son un poco menos afectados por los cambios de temperatura, si bien algunos pueden reblandecerse y endurecerse moderadamente al aumentar y disminuir las temperaturas. Los plásticos laminados y reforzados con base termoestable son menos afectados debido a que están estabilizados por el material refuerzo. La variación de carga afecta a la resistencia. Al igual que muchos otros materiales, tales como la madera y el hormigón armado, muchos plásticos pueden aguantar cargas elevadas en tiempos de carga cortos o rápidos, que cuando se aplican lentamente o se dejan en carga durante largos periodos de tiempo.

- **Elasticidad** es la propiedad de un material de deformarse bajo la acción de una fuerza y volver a su forma original cuando desaparece la fuerza aplicada.

- **Plasticidad** es la propiedad de un material que queda deformado después de haber actuado sobre él una fuerza, o sea que no vuelve a su forma original al desaparecer la fuerza aplicada.
- **Rigidez** de un material se refiere a la rotura o fractura. Se distinguen resistencia a la tracción, a la presión, a la flexión, al corte y a la torsión.
- **Dureza** es la resistencia que opone a la penetración en él de otro objeto.
- **Fragilidad** es la propiedad de un material que se rompe sin variar su forma.
- **Tenacidad** es la propiedad inversa de la fragilidad. Los materiales tenaces presentan considerables deformaciones plásticas bajo la acción de una fuerza antes de llegar a romperse.
- **Punto de fusión** es la temperatura a la que el cuerpo sólido se convierte en líquido.
- **Punto de ebullición** es la temperatura a la que el cuerpo líquido se convierte en gaseoso.
- **Dilatación térmica** es el incremento de volumen al aumentar la temperatura. En los cuerpos sólidos se suele emplear también el coeficiente de la dilatación lineal.
- **Capacidad calorífica** es la cantidad de calor necesaria para calentar un material.
- **Conductividad térmica** es la propiedad de un material de conducir el calor a su través.
- **Conductividad eléctrica** es la propiedad por la que conduce la corriente eléctrica.
- **Resistencia a las corrientes de fugas** es la resistencia que presentan los materiales aislantes a las corrientes que circulan por la superficie del objeto.

- **Permeabilidad** es la capacidad que tiene un material de permitirle a un flujo que lo atraviese sin alterar su estructura interna. Se afirma que un material es permeable si deja pasar a través de él una cantidad apreciable de fluido en un tiempo dado, e impermeable si la cantidad de fluido es despreciable
- **Magnetismo residual** es el nivel de inducción magnética aun existente en una sustancia ferromagnética después de someterla a la acción de un campo magnético. Es decir dicha propiedad en los plásticos es muy baja.

1.1.4 APLICACIONES Y USOS

Existe una gran variedad de plásticos con diferentes características y aplicaciones, unos son rígidos y otros flexibles, los hay transparentes y opacos, muy resistentes al desgaste y poco resistentes, etc. Pero todos ellos tienen una serie de características en común: son ligeros, resistentes a los productos químicos y sobre todo son buenos aislantes del calor y la electricidad.

En un futuro no muy lejano irá entrando en otras ramas de la industria, por ejemplo en medicina, como sustitutos de articulaciones (articulaciones artificiales), los juegos de toda índole y en artículos deportivos, como pueden ver la rama del plástico está en proceso de crecimiento. Ya que es común observar piezas que anteriormente eran producidas con otros materiales, por ejemplo con madera o metal y que ya han sido substituidas por otras de plástico.

1.2 TERFTALATO DE POLIETILENO (PET)

1.2.1 INTRODUCCIÓN

Es un tipo de plástico muy usado en envases de bebidas y textiles. Algunas compañías manufacturan el PET y otros poliésteres bajo diferentes marcas comerciales, por ejemplo, en los Estados Unidos y el Reino Unido usan los nombres de Mylar y Melinex.

Químicamente el PET es un polímero que se obtiene mediante una reacción de policondensación entre el ácido tereftálico y el etilenglicol. Pertenece al grupo de materiales sintéticos denominados poliésteres.

“Fue producido por primera vez en 1941 por los científicos británicos Whinfield y Dickson, quienes lo patentaron como polímero para la fabricación de fibras. Se debe recordar que su país estaba en plena guerra y existía una apremiante necesidad de buscar sustitutos para el algodón proveniente de Egipto.

Además de ser una resina de plástico ampliamente utilizada. La estructura termoplástica del PET permite a los fabricantes formar productos transparentes y opacos. Muchos artículos de uso diario están constituidos por PET, ya que ofrece una estructura resistente a los golpes, así como una barrera resistente contra infiltración de gases o líquidos. Este tipo de plástico es también reciclable. Los usos del PET son muy variados, desde contenedores a vestimenta. .”²

²www.eis.uva.es/~macromol/curso05-06/pet/sintesis_quimica.htm

1.2.2 OBTENCIÓN DE PLÁSTICO PET

Según Garriz A y Chamizo J.A (1998), el PET pertenece a la familia de los poliésteres, dado que es una cadena hidrocarbonada que tiene uniones de ésteres. Se compone de grupos etílicos y grupos tereftálico y se sintetiza gracias a una reacción de condensación, es decir, las cadenas se forman a partir de 2 moléculas más pequeñas, desprendiéndose una molécula de metanol que desaparece al condensarse.

Los grupos ésteres en la cadena son polares, donde el átomo de oxígeno del grupo carbonilo tiene una carga negativa y el átomo de carbono del carbonilo tiene carga positiva.

Las cargas positivas y negativas de los grupos se atraen mutuamente, permitiendo que los grupos éster de cadenas vecinas tomen un orden entre sí en forma cristalina y debido a ello, dan lugar a fibras resistentes.

No obstante, no hay que perder de vista a ser de 100% cristalino siempre coexiste una parte cristalina y una amorfa, es decir, dada la regularidad estructural que presenta la unidad repetitiva del PET, esta muestra una alta tendencia a cristalizarse, sin embargo, la presencia del anillo aromático hace que la cristalinidad alcanzada dependa fuertemente de la velocidad de enfriamiento.

Escala de Laboratorio: el ácido tereftálico y el etilenglicol pueden polimerizarse cuando se calienta con un catalizador ácido. (fig. 1). A partir del cloruro de tereftoilo y etilenglicol también se puede sintetizar. Esta reacción es más sencilla, pero el cloruro de tereftoilo es más costoso que el ácido tereftálico y es mucho más peligroso.

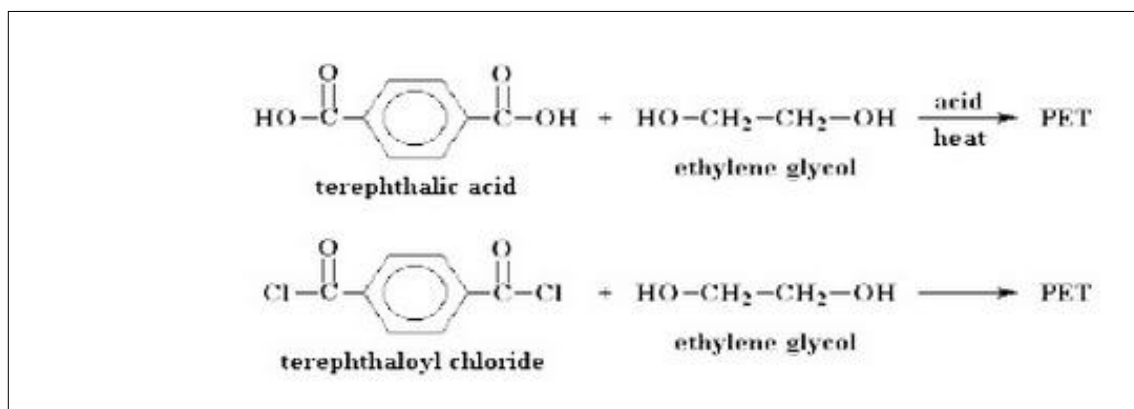


Fig. 1.2.2-1 SÍNTESIS DEL PET

FUENTE: www.slideshare.net/rembertu/proyecto-sobre-plasticos-final-102

Escala industrial: se hace reaccionar el dimetil tereftalato con etilenglicol a través de una reacción de transesterificación, obteniendo bis-(2-hidroxietil) tereftalato y metanol; este último al calentarse alrededor de los 210 °C se evapora. Entonces el bis-(2-hidroxietil) tereftalato se calienta hasta 270°C, y reacciona para dar el PET y el etilenglicol como subproducto.

El proceso para la producción de envases PET es el siguiente: la resina se presenta en forma de pequeños cilindros o chips, los cuales, secos, se funden e inyectan a presión en la máquina de cavidades múltiples; de las cuales se producen las preformas, después las son sometidas a un proceso de calentamiento preciso y gradual, posteriormente se coloca dentro de un molde y se les estira por medio de una varilla hasta alcanzar su tamaño definitivo.

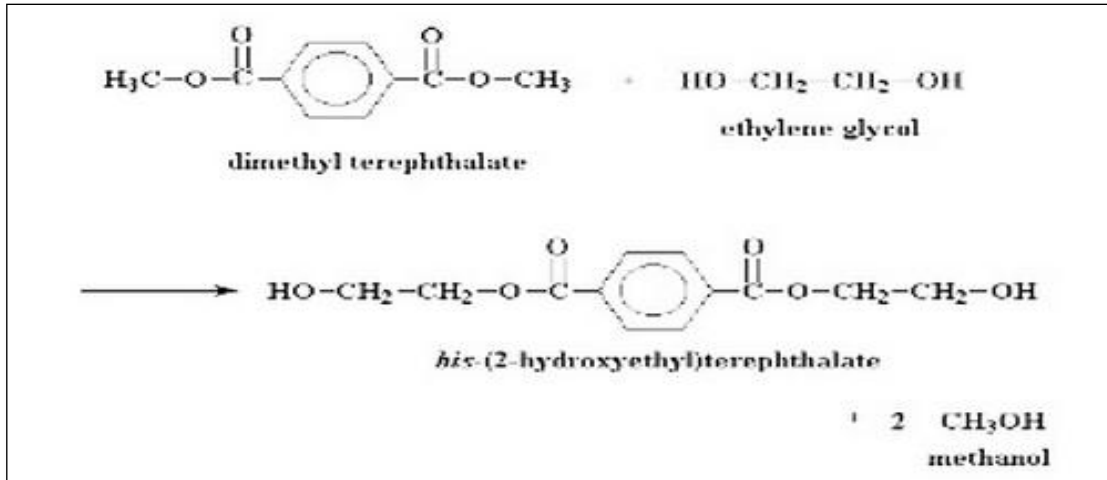


Fig. 1.2.2-2 OBTENCIÓN DE PET A NIVEL INDUSTRIAL
FUENTE: www.slideshare.net/rembertu/proyecto-sobre-plasticos-final-102

1.2.3 PROPIEDADES DEL PLASTICO PET

El PET en general se caracteriza por su elevada pureza, alta resistencia y tenacidad.

De acuerdo a su orientación presenta propiedades de transparencia y resistencia química. Existen diferentes grados de PET, los cuales se diferencian por su peso molecular y cristalinidad. Los que presentan menor peso molecular se denominan grado fibra, los de peso molecular medio, grado película y los de mayor peso molecular, grado ingeniería.

El PET se obtiene policondensando Acido Tereftálico (C₆H₄(COOH)₂) con Etilenglicol (CH₂OHCH₂OH), y sus propiedades más características son:

- Alta rigidez y dureza.
- Altísima resistencia a los esfuerzos permanentes.
- Superficie barnizable.
- Gran indeformabilidad al calor.

- Muy buenas características eléctricas y dieléctricas.
- Alta resistencia a los agentes químicos y estabilidad a la intemperie.
- Alta resistencia al plegado y baja absorción de humedad que lo hacen muy adecuado para la fabricación de fibras.

TABLA 1.2.3-1
DATOS TÉCNICOS DEL PET

Propiedad	Unidad	Valor
Densidad	g/cm ³	1,34 – 1,39
Resistencia a la tensión	MPa	59 – 72
Resistencia a la compresión	MPa	76 – 128
Resistencia al impacto, Izod	J/mm	0,01 – 0,04
Dureza	--	Rockwell M94 – M101
Dilatación térmica	10 ⁻⁴ /°C	15,2 – 24
Resistencia al calor	°C	80 – 120
Resistencia dieléctrica	V/mm	13780 – 15750
Constante dieléctrica (60 Hz)	--	3,65
Absorción de agua (24 h)	%	0,02
Velocidad de combustión	mm/min	Consumo lento
Efecto luz solar	--	Se decolora ligeramente
Calidad de mecanizado	--	Excelente
Calidad óptica	--	Transparente a opaco
Temperatura de fusión	°C	244 - 254

FUENTE: Industria del Plástico. Plástico Industrial. Richardson & Lokensgard.

1.2.4 APLICACIONES

a) Fabricación de piezas técnicas: El PET reforzado con fibra de vidrio o sin reforzar, tiene gran importancia en la fabricación de piezas resistentes al desgaste, (cojinetes, piezas de cerraduras, ruedas dentadas), en aparellaje eléctrico, por sus propiedades ignifugas, dieléctricas, térmicas y de estabilidad dimensional. FABRICACIÓN DE PIEZAS TÉCNICAS:

b) Fibras de poliéster: El PET es prácticamente el poliéster (TERMOPLASTICO) comercialmente más importante en la obtención de fibras. Todos sabemos que las prendas hechas de fibra de poliéster, son muy resistentes a las arrugas y pueden lavarse repetidas veces sin necesidad de un planchado posterior.

c) Envase y empaque: Por su impermeabilidad a los gases, el PET abarca casi el 100% del mercado de botellas retornables y no retornables para bebidas carbonatadas. Las firmas de maquinaria han contribuido en gran medida a impulsar la evolución de manera rápida de los envases, por lo que hoy se encuentran disponibles envases para llenado a temperaturas normales y para llenado en caliente

La participación del PET dentro de este mercado es en:

- Bebidas Carbonatadas
- Agua Purificada
- Aceite
- Conservas
- Cosméticos

- Detergentes y Productos Químicos
- Productos Farmacéuticos

d) Aplicaciones En La Industria Mecánica: El PET se utiliza en la fabricación de repuestos que necesitan superficies duras, planas y buena estabilidad dimensional. Por ejemplo en engranajes, levas, cojinetes, pistones y en bastidores de bombas que soportan elevadas fuerzas de impacto.

e) Otras Aplicaciones

Se utiliza para bandejas de horno convencional o microondas, pero su principal uso en botellas. También se utiliza en monofilamentos para fabricar cerdas de escobas y cepillos.

CUADRO 1.2.4-1

APLICACIONES COMUNES DEL PET

¿CÓMO SE USA EL PET?	
FIBRA	ALFOMBRA
	ROPA
	TELAS PARA DECORACIÓN
PACKAGING	BEBIDAS (GASEOSAS, AGUA MINERAL, JUGOS, ETC)
	COMIDA
	PERFUMERIA
	PRODUCTOS PARA EL HOGAR
	LICORES
	PRODUCTOS FARMACEUTICOS
FILM	RADIOGRAFÍAS, TAPES DE VIDEO Y AUDIO

FUENTE: Industrial del Plástico, Plástico Industrial.

1.3 RECICLAJE

1.3.1 INTRODUCCIÓN

Los primeros seres humanos no tenían una estrategia de gestión para los residuos sólidos, pues sencillamente no existía la necesidad. Probablemente, por el hecho de que no permanecían en un lugar fijo, por un tiempo considerable como para acumular una gran cantidad de residuos y buscar una manera de deshacerse de ellos o en su defecto reutilizarlos. Pero todo esto tomó una forma diferente cuando se establecieron las primeras comunidades y las cantidades de residuos se hicieron cada vez mayores, viéndose en la necesidad de gestionar los desechos. De aquí en adelante se crearon diferentes maneras de controlar el problema, unos optaron por incinerarlos, otros por recolectarlos y depositarlos en lugares estratégicos y así sucesivamente hasta que se encontró la manera más útil, práctica y beneficiosa de tratar los desechos renovables como el papel, plástico, aluminio, vidrio, desechos orgánicos, etc. la cual no es otra que reciclarlos

El reciclaje es un proceso mediante el cual se transforma un material de desecho en otro material de utilidad, es decir, darle un uso a lo que ha sido catalogado como inservible o basura. También es una forma de solucionar el problema de la acumulación de residuos, el ahorro de la energía, la extinción de recursos no renovables, etc.

1.3.2 RECICLAJE EN EL ECUADOR

“En el país como una medida ambiental sobre el tratamiento adecuado de las botellas de plástico desechables, el ‘impuesto verde’ busca que los consumidores recuperen \$0,02 por

cada botella a través del reciclaje. Sin embargo, poco se conoce sobre dónde llevar dichos plásticos para su tratamiento.

En el país se recicla por año cerca de 80,000 toneladas de materiales elaborados con polietileno y PET (usados para envases de bebidas)³.

En una entrevista realizada por la agencia Andes, la ministra del Ambiente Marcela Aguiñaga aseguró que en Ecuador se fabrican 1,400 millones de botellas y apenas el 39% de esa cifra se recicla.

Hoy en Ecuador existen unas 2,000 microempresas que se dedican a la recolección y tratamiento de materiales reciclables, pese a ello no hay campañas de información para los ciudadanos sobre dónde acudir.

“Según datos de Reciplástico, empresa que se dedica al reciclaje a nivel nacional, allí se reciclan 670,000 toneladas de material, entre papel, cartón, metal, plástico y vidrio. El 53% corresponde a metales ferrosos y apenas el 12,2% para resinas plásticas.

Para los empresarios que se dedican a esta tarea, los precios de la materia virgen frente al reciclado no convencen. Una tonelada de PET virgen se cotiza entre \$1,600 y 2,000 en Ecuador, mientras que ese material reciclado se vende hasta en \$1,200 y 1,300 por tonelada. Los expertos aseguran que las empresas poco usan PET reciclado⁴.

En otros países hay conciencia y las leyes de los gobiernos obligan a que las empresas usen plásticos peletizados (lavados, molidos y seleccionados) porque ayuda a preservar el medio

ambiente. Aquí, la exportación es la que salva al sector de reciclaje, porque el industrial no está obligado a utilizar en su producción materia reciclada.

Datos: Solo en PET, el país importó 47,000 toneladas en 2010. De esas, el 70% se utilizó para la elaboración de botellas para el consumo de agua y bebidas no alcohólicas.

De las 47 mil toneladas de plástico, se reciclaron 22,000 que no fueron consumidas por las industrias ecuatorianas.

En el 2010 la industria importó 302.100 toneladas de resinas plásticas.

En los primeros seis meses del 2011 se compró al exterior 85,887 toneladas de polietileno y PET.

³www.amchamecuador.org/publicaciones.php?titulo=3355

⁴www.amchamecuador.org/publicaciones.php?titulo=3355

1.3.3 RECICLAJE DE PLÁSTICO

Hoy por hoy, el plástico es esencial en nuestra vida, está hecho a partir del petróleo, elemento no renovable, por lo tanto cada vez más caro. La industria del plástico en países vecinos, reciclan anualmente varios miles de millones de kilogramos de termoplásticos procedentes de los recortes y canales secundarios de moldeo de su proceso de fabricación. Esto se denomina regranulado. Los recortes se recolectan y después se densifican o se trituran para mezclarlos con la resina virgen al comienzo del proceso. La importancia de este proceso radica en el hecho de que demuestra la reusabilidad de un material que de otra forma sería desechado.

1.3.3.1 PLAN DE MANEJO DE RESIDUOS SÓLIDOS

Es un conjunto de procedimientos y políticas que conforman el sistema de manejo de los residuos sólidos. La meta es realizar una gestión que sea ambiental y adecuada.

1.3.4 LAS TRES “R” EN EL USO DEL PET

El uso del plástico PET, principalmente en botellas, ha revolucionado a cualquier lugar donde se necesita consumir un alimento o simplemente un líquido. Pero al terminar de consumir el producto, se piensa que la botella de plástico no tiene otro fin más que el de desecharla. La opción es correcta, el problema ocurre en que no pensamos en el posible daño que ocasionaremos al ambiente con la contaminación que produce solo una botella de agua. Las partículas de este desecho no se desintegran por completo (por ello se dice que el

PET no es biodegradable) la única solución que tenemos es aplicar las reglas básicas de las tres “R” que la mayoría de las personas conocen como: reduce, reúso y recicló.

- **Reducir** significa que debemos evitar comprar productos en los que los envases sean de plástico que vayan directo a la basura. Se tiene que disminuir el consumo compulsivo de productos innecesarios.
- **Reutilizar** que se puede emplear más de una vez objetos de plástico como envases.
- **Reciclar** es un método a través del cual se produce una fundición o aplicación de procesos químicos para fabricar nuevos artículos con los desperdicios.

1.3.4.1 GENERACIÓN DE RESIDUOS

1.3.4.1.1 PRODUCCIÓN PER CÁPITA

La producción de residuos sólidos es una variable que depende básicamente del tamaño de la población y sus características socioeconómicas.

Una variable necesaria para dimensionar el sitio de disposición final es la llamada producción per cápita (PPC). Este parámetro asocia el tamaño de la población, la cantidad de residuos y el tiempo, siendo la unidad de expresión el Kilogramo por habitante por día. (Kg/hab/día).

1.3.4.1.2 ESTIMACIÓN DE LA PRODUCCIÓN PER CÁPITA

La PPC es un parámetro que evoluciona en la medida que los elementos que la definen varían. En términos gruesos, la PPC varía de una población a otra, de acuerdo principalmente a su grado de urbanización, su densidad poblacional y su nivel de consumo

o nivel socioeconómico. Otros elementos, como los periodos estacionales y las actividades predominantes también afectan la PPC.

Es posible efectuar una estimación teórica de la PPC en función de las estadísticas de recolección y utilizando la siguiente expresión:

$$PPC = \frac{Kg \text{ recolectados}}{\text{Número de habitantes}} \quad \text{Ec 1.3.4.1.2-1}$$

1.3.4.2 RECUPERACIÓN Y RECICLAJE DEL PET

El reciclado de los envases de PET se consigue por dos métodos; el químico y el mecánico, a los que hay que sumar la posibilidad de su recuperación energética. En la figura 1, se puede observar el símbolo desarrollado por la Society of the Plastics Industry (SPI) para etiquetar productos de PET para su reciclado.

El primer paso para su reciclado es su selección desde los residuos procedentes de recolección selectiva o recogida común. En el primer caso, el producto recogido es de mucha mayor calidad; principalmente por una mayor limpieza.

1.3.4.2.1 RECICLAJE MECÁNICO

“El reciclado mecánico es la conversión de los desechos plásticos post-industriales o post-consumo en gránulos que pueden ser reutilizados en la producción de otros productos. El reciclaje mecánico consta de las siguientes etapas:

- Acopio del material.
- Picado

- Reducción de tamaño
- Limpieza
- Secado
- Peletizado

- a) **Acopio del material:** el acopio es simplemente la recolección del material ya sea en puntos fijos o en recorridos, es importante además puntualizar que un buen sistema de acopio garantizará un buen suministro de materia prima para el resto de los procesos.
- b) **Picado:** es común que en las grandes empresas de reciclado el material se compacte para reducir su volumen y así facilitar su transporte y almacenamiento. No obstante, el PET debido a su elevada recuperación elástico-plástica, es difícil de prensar.
- c) **Reducción de tamaño:** la reducción de tamaño no es otra cosa que el picado (molido) del material recolectado, cuyo principal objetivo es facilitar la siguiente operación dentro el proceso de reciclado y la limpieza del material picado. Para la reducción de tamaño existen diversos tipos de tecnología según el tamaño al cual se quiera llegar, para el PET puede llegarse a obtener hojuelas de media, un cuarto de pulgada o finalmente polvo, según el diseño y el tipo de molino del que se disponga.

- d) **Limpieza:** los flakes de PET están generalmente contaminados con comida, papel, piedras, polvo, aceite, solventes y en algunos casos pegamento. De ahí que tienen que ser primero limpiados en un baño que garantice la eliminación de contaminantes.

El uso de sosa cáustica para el proceso de lavado es adecuado por las bajas concentraciones necesarias y porque la soda cáustica remanente en disolución se puede reutilizar para otros lavados, simplemente reponiendo la que se pierde en el proceso de lavado.

Sobre este punto ya existen tecnologías y sistemas de recuperación y tratamiento de aguas residuales de procesos de lavado de materiales contaminados que están disponibles.

- e) **Secado:** posterior al ciclo de lavado sigue un proceso de secado el cual debe eliminar el remanente de humedad del material, para que pueda ser comercializado y posteriormente procesado.
- f) **Peletizado:** el granulado limpio y seco puede ser ya vendido o puede convertirse en "pellet". Para esto, el granulado debe fundirse y pasarse a través de un cabezal para tomar la forma de espagueti al enfriarse en un baño de agua.

1.3.4.2.1.1 PROPIEDADES DE PET RECICLADO MECÁNICAMENTE

Las diferencias en las propiedades del PET reciclado mecánicamente comparadas con las del PET virgen pueden ser atribuidas principalmente a la historia térmica adicional

experimentada por el material reciclado, la cual da como resultado un decremento en el peso molecular, junto con un incremento en el ácido carboxílico, color y nivel de acetaldehído.

Estudios han demostrado que el RPET (PET reciclado) posee un módulo de Young menor, mayor elongación a la rotura y mayor resistencia al impacto que el PET virgen. Así, el RPET es más dúctil mientras el PET virgen es más frágil; este es un resultado de las diferencias en la cristalinidad entre los materiales.

TABLA 1.3.4.2.1.1-1

CARACTERISTICAS DE RPET Y PET VIRGEN

Propiedad	PET virgen	RPET
Módulo de Young [MPa]	1890	1630
Resistencia a la rotura [MPa]	47	24
Elongación a la rotura [%]	3,2	110
Resistencia al impacto [$J m^{-1}$]	12	20
IV ($dl g^{-1}$)	0.72 – 0.84	0.46 – 0.76
Temperatura de fusión ($^{\circ}C$)	244 - 254	247 - 253
Peso molecular ($g mol^{-1}$)	81600	58400

FUENTE: Polymer Recycling, Recycling of PET

1.3.4.2.1.2 RECICLAJE QUÍMICO

De los procesos químicos para la despolimerización de PET, la metanólisis, la hidrólisis y sobre todo la glicólisis, son los procesos más utilizados. Sin embargo, la metanólisis e

hidrólisis se llevan a cabo a condiciones de presión y temperatura mayores que en el caso de la glicólisis, y además, debido a las condiciones ácidas o básicas de la hidrólisis, esta puede generar mayores problemas ambientales.

Contrario a lo que se podría pensar y a pesar de las múltiples alternativas que existen para reciclar el PET, esta práctica constituye menos del 5% del consumo anual del polímero a nivel mundial.

- a) **Metanólisis:** la despolimerización del PET a través de la metanólisis se lleva a cabo por medio del tratamiento del polímero con altas cantidades de metanol en presencia de un catalizador (trisopropóxido de aluminio o acetato de zinc y sales de ácido arilsulfónico) a altas presiones (20-25 Kg/cm³) y a temperatura (180-280°C).

- b) **Hidrólisis:** se llama hidrólisis a una reacción ácido-base entre una sustancia, típicamente una sal, y el agua. Esta reacción es importante por el gran número de contextos en los que el agua actúa como disolvente. También se aplica a algunas reacciones ácido-base en las que participa el agua y se rompe un enlace covalente. La hidrólisis del PET produce AT puro y EG para su posterior reutilización en la producción de polímero virgen.

- c) **Glicólisis:** cuando el PET es disuelto en exceso de EG a altas temperaturas, la reacción de condensación es reversada, esto es lo que se conoce como glicólisis. Los productos de dicha reacción son el bis-hidroxietilentereftalato (BHET) y algunos oligómeros de bajo peso molecular.

- d) Aminólisis:** esta reacción lleva al PET a la formación de las correspondientes diamidas de AT y EG. El proceso es llevado a cabo en una solución acuosa de aminas primarias, como metilamina o etilamina a temperaturas de entre 20 y 100°C. El PET debe estar en forma de polvo o de fibras, para garantizar una alta superficie de reacción que permita una rápida despolimerización en estado sólido.
- e) Pirólisis:** es el craqueo de las moléculas por calentamiento en el vacío. Este proceso genera hidrocarburos líquidos o sólidos que pueden ser luego procesados en refinerías para la obtención de combustible sintético para motores de ciclo diésel.
- f) Gasificación:** mezclas de plásticos son calentados con aire o con oxígeno. Así se obtienen los siguientes gases de síntesis: monóxido de carbono e hidrógeno, que pueden ser utilizados para la producción de metanol o amoníaco o incluso como agentes para la producción de acero en hornos de venteo”⁵.

⁵tecnologiadelosplasticos.blogspot.com/2011/05/proceso-de-reciclaje-del-pet.html

1.3.4.2.1.2.1 VENAJAS DEL RECICLADO QUÍMICO

Muy competitivo económicamente. Para una planta de producción de 30,000 t/año se estima el costo de producción de unas 500 \$/t, debido a la utilización de aditivos de bajo costo y de baja consumación de energía.

- No selección o lavado previo es necesario
- No eliminación de tapas o etiquetas necesaria
- Botellas con estratificación de capas bloqueantes para oxígeno son tratados sin problemas
- Ácido Tereftálico y Ethyleneglycol vendibles a la industria química
- Alternativamente se produce un producto PHT (Polyhidroxietilitereftalato) que puede ser utilizado directamente para la producción de botellas PET

1.4 SISTEMA DE LAVADO

El lavado de los gránulos de PET sin duda alguna debe ser realizado de la forma más minuciosa posible puesto que de ello depende no solo la presentación del producto para los posteriores procesos en el reciclado del PET, sino también, que se evita la existencia de sustancias extrañas que podrían entorpecer los siguientes procesos de reciclado.

Se suele hacer sobre el triturado (aunque también puede haber un lavado inicial sobre el envase). Se puede utilizar agua, tenso activos y/o sosa diluida a una temperatura que puede ser variable (lavado en frío o temperatura ambiente, lavado medio a unos 40°C o lavado en caliente de 70 °C a 90 °C).

Se puede encontrar un único equipo de lavado o varios dispuestos, normalmente, en línea.

Mediante este lavado se eliminan contaminantes orgánicos (residuos de cola), tierra y arena presentes en la superficie de la escama. Los tenso activos y la sosa empleados son eliminados mediante lavados sucesivos con agua; en el caso de que el enjuague no fuera adecuado, quedarían restos de estas sustancias que supondrían una contaminación en la escama final.

Mediante el conjunto de lavados se separan además otra serie de impurezas como poliolefinas, papeles y otros residuos por diferencias de densidad y flotación.

1.4.1.1 EQUIPO DE LAVADO

El equipo para el lavado de las escamas de PET consta de un tanque de lavado, en el cual está instalado un sistema de agitación (motor impulsor, eje de transmisión de potencia, turbinas). El lavado realiza el proceso de eliminar polvo, fino del triturado, cuerpos extraños así como la desinfección de las escamas de PET.

Se puede encontrar un único equipo de lavado o varios dispuestos, normalmente, en línea.

En ocasiones se utilizan métodos de fricción, centrifugación, ciclón, etc. para mejorar el lavado y la eliminación de elementos no deseados.

1.4.2 ETAPAS DE LAVADO

1.4.2.1 AGITACIÓN

Es una Operación Unitaria mecánica que consiste en realizar movimientos violentos e irregulares en el seno de una masa fluida o que se comporte como tal para obtener una

mezcla homogénea, es decir, mantener la concentración constante en todas partes de la masa. El mezclado y/o agitación de líquidos miscibles o de sólidos en líquidos se efectúa con el objeto de lograr una distribución uniforme de los componentes entre sí por medio del flujo, normalmente en un patrón circulatorio dentro de algún tipo de contenedor. Dicho flujo es producido por medios mecánicos.

La eficiencia del proceso de mezclado depende de una efectiva utilización de la energía que se emplea para generar el flujo de componentes. Para lograr proporcionar un suministro de energía adecuado hay que considerar las propiedades físicas de los componentes, el diseño del agitador que transmite la energía y la configuración del tanque de agitación.

1.4.2.1.1 PROPOSITOS DE LA AGITACIÓN

Los líquidos se agitan con numerosas intenciones, dependiendo de los objetivos de la etapa del proceso. Algunas de ellas son:

- Suspensión de partículas sólidas.
- Mezclado de líquidos miscibles, por ejemplo, alcohol metílico y agua.
- Dispersión de un gas a través de un líquido en forma de pequeñas burbujas.
- Dispersión de un segundo líquido, inmisible con el primero, para formar una emulsión o suspensión de gotas finas.
- Promoción de la transferencia de calor entre el líquido y un serpentín.

1.4.2.1.2 TANQUES DE AGITACIÓN

Los líquidos se agitan con más frecuencia en algún tipo de tanque o recipiente, por lo general de forma cilíndrica y provista de un eje vertical. La parte superior del tanque puede estar abierta al aire; pero generalmente está cerrada. Las proporciones del tanque varían bastante, dependiendo de la naturaleza del problema de agitación. Sin embargo, en muchas situaciones se utiliza un diseño estandarizado como el que se muestra en la figura 1.4.2.1.2-1. El fondo del tanque es redondeado, no plano, para eliminar las esquinas o regiones agudas en las que no penetrarían las corrientes de fluido. La profundidad (o altura) del líquido es aproximadamente igual al diámetro del tanque. Un agitador va instalado sobre un eje suspendido, es decir, un eje sostenido en la parte superior. El eje es accionado por un motor, a veces directamente conectado al eje, pero es más común que se encuentre conectado a éste, a través de una caja reductora de velocidad.

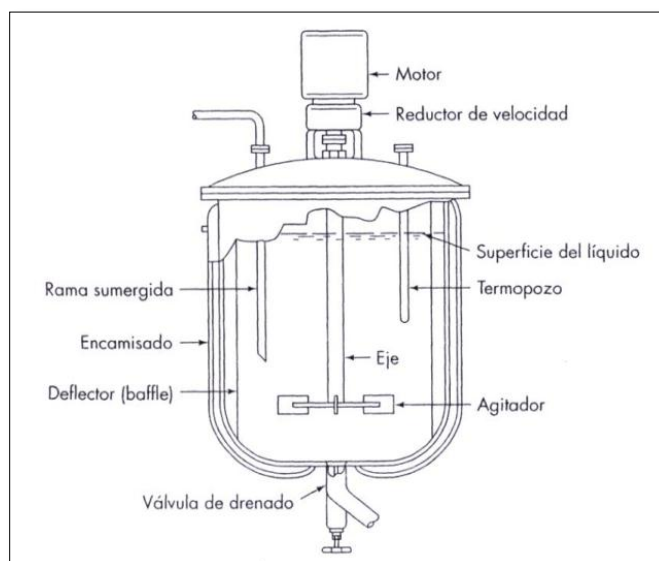


Fig. 1.4.2.1.2-1 TANQUE TÍPICO DEL PROCESO CON AGITACIÓN

FUENTE: www.itescam.edu.mx/principal/sylabus/fpdb/recursos/r94930.PDF

1.4.2.2 IMPULSORES

Los agitadores de impulsor o rodete se dividen en dos clases. Los que generan corrientes paralelas al eje del impulsor se llaman impulsores de flujo axial; y aquellos que generan corrientes en dirección radial o tangencial se llaman impulsores de flujo radial. Los tres principales tipos de impulsores para líquidos de baja a moderada viscosidad son las hélices y turbinas. Cada uno de ellos comprende muchas variantes y subtipos que no se considerarán aquí.

Para líquidos muy viscosos, los impulsores más adecuados son los de hélice y agitadores de anclaje.

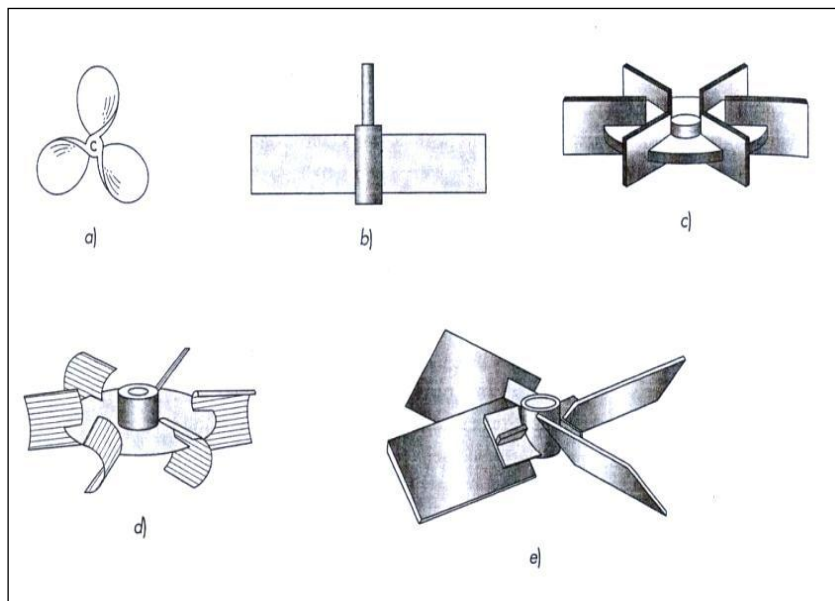


Fig.1.4.2.2-1 AGITADORES PARA LÍQUIDOS CON VISCOSIDAD MODERNA

- a) agitador marino de tres palas; b) turbina simple de pala recta; c) turbina de disco; d) agitador de pala cóncava CD-6; e) turbina de pala inclinada.

1.4.2.2.1 TURBINAS

En la figura 1.4.2.2-1 se representan cinco tipos de agitadores de turbina. En la figura 1.4.2.2-1 *b* se muestra la turbina sencilla de palas rectas, que empuja al líquido en forma radial y tangencial, casi sin movimiento vertical al agitador. Las corrientes que genera se desplazan hacia fuera hasta la pared del tanque y entonces fluyen hacia arriba o hacia abajo. Tales agitadores son llamados a veces paletas.

En los tanques de proceso, los agitadores industriales típicos de paletas giran a velocidades comprendidas entre 20 y 150 rpm. La turbina de disco, con palas múltiples rectas instaladas en un disco horizontal (figura 1.4.2.2-1 *c*), como el agitador de pala recta, crea zonas de alta velocidad de corte. Esta turbina es especialmente útil para la dispersión de un gas en un líquido. La turbina de disco de pala cóncava CD-6 mostrada en la (figura 1.4.2.2-1 *d*) también se utiliza con frecuencia para la dispersión de gas.

En la figura (1.4.2.2-1 *e*) se ilustra una hélice típica. Las más comunes son las hélices marinas de tres palas con paso cuadrado; para propósitos especiales a veces se emplean hélices de cuatro palas, dentadas y otros diseños.

Las hélices rara vez superan los 18 cm de diámetro, independiente del tamaño del tanque. En tanque profundo es posible instalar dos o más hélices en el mismo eje, generalmente dirigiendo el líquido en la misma dirección.

1.4.2.2.1.1 DISEÑO ESTANDAR DE LA TURBINA

El diseñador de un tanque agitado dispone de un gran e inusual número de elecciones sobre el tipo y localización del agitador, las proporciones del tanque, el número y las proporciones de los deflectores y otros factores. Cada una de estas decisiones afecta la velocidad de circulación del líquido, los patrones de velocidad y el consumo de potencia. Como punto de partida para el diseño de los problemas ordinarios de agitación, generalmente se utiliza un agitador de turbina como el que se observa en la figura 1.4.2.2.1.1-1

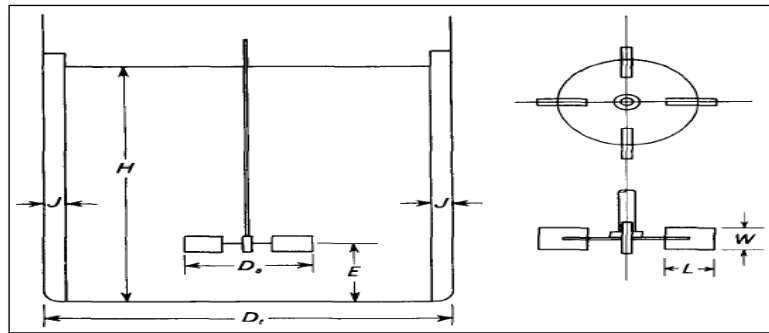


Fig. 1.4.2.2.1.1-1 DIMENSIONAMIENTO PARA UNA TURBINA

Las proporciones típicas estándares de dimensionamiento son:

$\frac{D_s}{D_i} = \frac{1}{3}$	$\frac{E}{D_i} = \frac{1}{3}$
$\frac{H}{D_i} = 1$	$\frac{W}{D_s} = \frac{1}{5}$
$\frac{J}{D_i} = \frac{1}{12}$	$\frac{L}{D_s} = \frac{1}{4}$

Fig. 1.4.2.2.1.1-2 ANÁLISIS DIMENSIONAL PARA LA AGITACIÓN

Estas relaciones son obtenidas mediante el análisis dimensional aplicado a la operación unitaria de agitación. Por lo general, el número de deflectores es 4; el número de palas del agitador varía entre

4 y 16, pero generalmente son 6 u 8. Situaciones especiales pueden, por supuesto, considerar proporciones diferentes de las que se acaban de indicar por ejemplo, quizá resulte ventajoso colocar el agitador más alto o más bajo en el tanque, o tal vez sean necesarios utilizar un tanque más profundo para lograr el resultado deseado.

1.4.2.3 VELOCIDAD DE CIRCULACIÓN

Para que un tanque de proceso sea eficaz, independientemente del problema de agitación, el volumen de fluido movido por el agitador debe ser suficiente para llevar las corrientes a todo el tanque en un tiempo razonable.

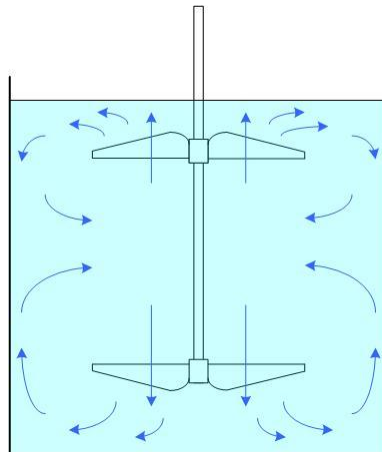


Fig. 1.4.2.3-1 SISTEMA DE AGITACIÓN

Además, la velocidad de la corriente que sale del impulsor debe ser suficiente para transportar las corrientes a las partes más alejadas del tanque. En las operaciones de mezcla y dispersión, la velocidad de circulación no es el único factor, ni siquiera el más importante; sino que con frecuencia la turbulencia de la corriente controla la efectividad de la operación. La turbulencia es una consecuencia de que las corrientes vayan adecuadamente dirigidas y de que se generen considerables gradientes de velocidad en el líquido. Tanto la circulación como la generación de turbulencia consumen energía; más adelante se estudiarán las relaciones entre el consumo de potencia y los parámetros de diseño de tanques agitados. Según se verá, algunos problemas de agitación requieren grandes flujos o elevadas velocidades medias, mientras que otros necesitan una elevada turbulencia o disipación local de potencia. Aunque tanto la velocidad de flujo como la disipación de potencia aumentan con la velocidad del agitador, la selección del tipo y tamaño del agitador influye sobre los valores relativos de la velocidad de flujo y la disipación de potencia. En general, se utilizan grandes agitadores que se mueven a velocidades medias para promover el flujo, y se emplean agitadores más pequeños a velocidad elevada cuando lo que se requiere es una elevada turbulencia.

1.4.2.3.1 CONSUMO DE POTENCIA

Una consideración importante en el diseño de los tanques agitadores es la potencia que se requiere para mover el impulsor. Cuando el flujo en el tanque es turbulento, la potencia necesaria se estima a partir del flujo q generado por el impulsor y en la energía cinética E_k por unidad de volumen de fluido.

1.5 DISEÑO

1.5.1 DETERMINACIÓN DE LOS PUNTOS A MUESTREAR

Se determinó el número de muestras utilizando la fórmula estadística del diseño de planes de manejo de residuos sólidos domiciliarios, ya que para el desarrollo de planes de manejo de residuos sólidos de instituciones educativas no existe ninguna.

$$n = \frac{(Z_{1-\alpha}^2 \times N \times \sigma^2)}{(N - 1)E^2 + Z_{1-\alpha}^2 + \sigma^2} \quad \text{Ec. 1.5.1 - 1}$$

Dónde:

σ^2 : 0.04 Desviación estándar.

E: 0.056 Error permisible.

N: 13 Total zonas.

Z1- α : 1.96 Coeficientes de confianza al 95%.

Los métodos de muestreo probabilísticos nos aseguran la representatividad de la muestra extraída y son, por tanto, los más recomendables.

La muestra debe lograr una representación adecuada de la población, en la que se reproduzca de la mejor manera los rasgos esenciales de dicha población que son importantes para la investigación.

Para que una muestra sea representativa, y por lo tanto útil, debe de reflejar las similitudes y diferencias encontradas en la población, es decir ejemplificar las características de ésta.

El muestreo es por lo tanto una herramienta de la investigación científica, cuya función básica es determinar que parte de una población debe examinarse.

1.5.2 DETERMINACIÓN DE LA PRODUCCIÓN PER CÁPITA

Generación unitaria de residuos sólidos, se refiere a la generación de residuos sólidos por persona y por día.

$$PPC_{PET} = \frac{(W_t)}{\# \text{ personas}} \quad \text{Ec 1.3.4.1.2 - 1}$$

Dónde:

PPC_{PET}: producción per cápita de botellas tipo PET

W_t: peso total de residuos

Personas: población total de los puntos muestreados.

La generación y caracterización de los residuos sólidos, son parámetros muy importantes para la toma de decisiones en lo que se refiere a proyección y diseño de los sistemas de manejo y disposición final de los desechos sólidos

La determinación de producción per cápita de residuos sólidos conocida también como generación de residuos sólidos es la herramienta y cálculo primordial dentro de un sistema integrado de residuos. Con los valores de la PPC obtenidos en el estudio se puede determinar la cantidad de carros recolectores, número y volumen de contenedores que necesita la zona en estudio.

Como primer dato obtenido en la determinación de PPC se avizoran los componentes y tipos de residuos en peso y volumen.

1.5.3 DETERMINACIÓN DE LAS SOLUCIONES DE LAVADO

Una solución describe un sistema en el cual una o más sustancias están mezcladas o disueltas en forma homogénea en otra sustancia.

1.5.3.1 SOLUCIÓN P/V

El porcentaje masa-volumen es la cantidad de soluto que hay en 100 centímetros cúbicos o mililitros de la solución. Es a partir de la masa de soluto en gramos (g), dividido entre el volumen de la disolución en mililitros (mL)

$$\% \frac{P}{V} = \frac{\text{masa de soluto (g)}}{\text{volumen de la solución (mL)}} * 100 \quad \text{Ec. 1.5.3.1 - 1}$$

Dónde:

P: peso del soluto (g)

V: volumen del soluto (mL)

1.5.3.2 SOLUCIÓN V/V

El porcentaje en volumen se emplea generalmente cuando la solución involucra a dos fases líquidas, aunque puede ser utilizado en otros casos, como en soluciones gaseosas.

$$\% \frac{V_1}{V} = \frac{\text{volumen de soluto (mL)}}{\text{volumen de la solución (mL)}} * 100$$

Ec. 1. 5. 3. 2 – 1

Dónde:

V₁: volumen del soluto (mL)

V: volumen de la solución (mL)

Las soluciones son aplicadas por que los compuestos en la industria casi nunca se utilizan puros, sino a determinadas concentraciones.

1.5.4 LAVADORA

1.5.4.1 DETERMINACIÓN DEL VOLUMEN DEL TANQUE DE LAVADO

El volumen es una magnitud escalar definida como la extensión en tres dimensiones de una región del espacio. Es una magnitud derivada de la longitud, ya que se halla multiplicando la longitud, la anchura y la altura.

$$V = \pi * \left(\frac{Dt}{2}\right)^2 * h$$

Ec. 1. 5. 4. 1 – 1

Dónde:

V: volumen del tanque de lavado

Dt: diámetro del tanque

h: altura del tanque

La determinación del volumen de un cuerpo nos ayuda a determinar la capacidad que tiene el equipo en el proceso que va a realizar.

1.5.4.2 DETERMINACIÓN DEL DIAMETRO DEL RODETE

El rodete es un tipo de rotor situado dentro de una tubería o un conducto y encargado de impulsar un fluido y Consiste en un disco perpendicular al eje de giro.

$$\frac{Da}{Dt} = \frac{1}{3} \qquad \text{Ec. 1. 5. 4. 2 – 1}$$

Dónde:

Da: diámetro del rodete

Dt: diámetro del tanque

1.5.4.3 DETERMINACIÓN DE LA ALTURA ENTRE RODETES

$$\frac{E}{Dt} = \frac{1}{3} \qquad \text{Ec. 1. 5. 4. 3 – 1}$$

Dónde:

E: altura entre rodetes

Dt: diámetro del tanque

1.5.4.4 DETERMINACIÓN DE LAS ALTURA DE LAS PALETAS

La altura de las paletas se determina:

$$\frac{W}{Da} = \frac{1}{5} \qquad \text{Ec. 1. 5. 4. 4 – 1}$$

Dónde:

W: alturas de las paletas

Da: diámetro del rodete

1.5.4.5 DETERMINACIÓN DEL ANCHO DE LAS PALETAS

El ancho se determina:

$$\frac{L}{Da} = \frac{1}{4} \qquad \text{Ec. 1.5.4.5 - 1}$$

Dónde:

L: ancho de las paletas

Da: diámetro del rodete

Los líquidos se agitan con numerosas intenciones, dependiendo de los objetivos de la etapa del proceso. Algunas de ellas son: suspensión de partículas sólida, mezclado de líquidos miscibles, por ejemplo, alcohol metílico y agua.

1.5.4.6 DETERMINACIÓN DEL NÚMERO DE REYNOLDS

El número de Reynolds (Re) es un número adimensional utilizado en mecánica de fluidos, diseño de reactores y fenómenos de transporte para caracterizar el movimiento de un fluido.

$$NRe = \frac{Dt^2 * N * \rho}{\mu} \qquad \text{Ec. 1.5.4.6 - 1}$$

Dónde:

NRe: número de Reynolds

Dt: diámetro del tanque (m)

N: revoluciones por segundo

μ: viscosidad dinámica (Pa.s)

ρ: densidad de la solución de lavado

El número de Reynolds relaciona la densidad, viscosidad, velocidad y dimensión típica de un flujo en una expresión adimensional, que interviene en numerosos problemas de dinámica de fluidos. Dicho número o combinación adimensional aparece en muchos casos relacionado con el hecho de que el flujo pueda considerarse laminar (número de Reynolds pequeño) o turbulento (número de Reynolds grande).

1.5.4.7 DETERMINACIÓN DE LA POTENCIA DEL MOTOR

La potencia es un indicador del funcionamiento de un motor, nos da a conocer que tanta fuerza puede producir y con qué rapidez puede trabajar, es decir la potencia es la cantidad de giros por minuto, cuantas vueltas puede dar el motor.

$$P = Np * \rho * N^3 * Dt^5$$

Ec. 1.5.4.7 – 1

Dónde:

P: potencia requerida

Np: número de potencia

ρ : densidad de la solución de lavado

N: revoluciones por segundo

Dt: diámetro del tanque.

En la sociedad de hoy los dispositivos convierten la energía eléctrica en energías más útiles, como calor, luz, movimiento u otros procesos. La energía eléctrica puede ayudar al proceso de energía mecánica.

1.5.4.8 DETERMINACIÓN DE LA EFICIENCIA DEL EQUIPO

$$E = \frac{P_{real}}{P_{suministrada}} * 100 \quad \text{Ec 1.5.4.8 - 1}$$

$$E = \frac{\frac{[(m * w^2 * r) * Ax]}{At}}{Potencia\ suministrada} * 100 \quad \text{Ec. 1.5.4.8 - 2}$$

Dónde:

P_{real} : Potencia real (watts)

$P_{suministrada}$: potencia suministrada. (watts)

m: masa total en el equipo (kg)

w: velocidad angular (m/s)

r: radio (m)

Ax: distancia recorrida por las paletas (m)

At: tiempo

CAPÍTULO II
PARTE
EXPERIMENTAL

2 PARTE EXPERIMENTAL

2.1 MUESTREO

Se basó en estudios preliminares de producción per cápita de residuos sólidos generados en la ESPOCH en el año 2012 y en la capacidad de que tiene el equipo triturador de botellas PET, así se pudo instaurar la alimentación por hora que tendrá el equipo lavador de escamas de PET.

Primeramente se desarrolló la colecta de las botellas PET en 11 lugares estratégicos de la ESPOCH tomando en consideración 7 facultades, el comedor politécnico, centro de idiomas, centro de educación física, y el edificio central mismos que se consideran zonas estratégicas por la cantidad de personas que se encuentran en estos sitios.

Para la toma de muestras colocó depósitos etiquetados y de los mismos se recogieron diariamente los envases PET a horas ya previstas, esto se lo hizo por el lapso de una semana.

2.2 METODOLÓGIA

2.2.1 MÉTODOS Y TÉCNICAS

2.2.1.1 MÉTODOS

Se tabulará y determinará las mejores condiciones para el diseño en base a producción per cápita de plástico y las variables de proceso: capacidad, solución de lavado, tiempo de lavado, nivel de agitación, la base para el diseño y construcción del equipo LAVADOR DE PLÁSTICO RECICLADO PET.

Los métodos a ser utilizados serán:

- **INDUCTIVO**

Se basó en recoger y analizar los datos de la producción per cápita de botellas PET en la ESPOCH, así como también identificar las variables adecuadas para el proceso de lavado de las escamas de PET, como la capacidad, solución de lavado, tiempo de lavado, nivel de agitación.

- **DEDUCTIVO**

En el desarrollo de esta investigación se aplica conceptos de estadística y Operaciones Unitarias, empezando así del diseño y posterior construcción del equipo lavador de escamas de PET mediante la correcta selección de materiales y su posterior dimensionamiento lo cual es importante ya que se llega a la determinación de las variables de proceso con el fin de obtener un rendimiento adecuado del equipo.

2.2.1.2 TÉCNICAS

Se utilizó técnicas para la recolección de información como las siguientes:

- Observación
- Simulación

2.2.1.2.1 DETERMINACIÓN LA PRODUCCIÓN DE BOTELLAS PLÁSTICO EN LA ESPOCH

TABLA 2.2.1.2.1-1
DETERMINACIÓN DE LA PPC DE BOTELLAS PET

FUNDAMENTO	MATERIALES	TÉCNICA	CÁLCULO
<p>Producción per cápita (kg/hab/día): relaciona la cantidad de residuos generados diariamente por un habitante de un lugar o región determinada.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Recipientes • Fundas Plásticas • Balanza • Guantes • Marcadores • Cámara digital • Afiches • Trípticos 	<p>Para la determinación de botellas plásticas se realizó la siguiente metodología:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Caracterizar la zona. • Determinar la población politécnica, dividir y ubicar la población en zonas. • Tomar las muestras. • Después de determinar la cantidad de residuos generados por área muestreada, se procedió a determinar la generación per cápita total de cada zona de la siguiente manera: • Se utilizó el total de residuos recolectados por el día de muestras. • Se pesó diariamente (w) el total de las bolsas recogidas durante los días que duro el muestreo este proceso representa (W_t) la cantidad total de basura diaria generada en todos la zonas muestreadas, con todos los datos de los días muestreados se calculó el peso total promedio diario de residuos sólidos. • Como se indicó anteriormente en función de los datos obtenidos sobre el número total de personas por facultad y el peso total promedio diario se determinó el PPC para cada punto muestreado, dividiendo el peso total promedio diario de las bolsas (W_t) entre la población total del área muestreada 	$PPC = \frac{(W_t)}{\# personas}$ <p>Donde:</p> <p>W_t = Peso Total de Residuos.</p> <p># personas = número de personas</p>

FUENTE: Técnica guía de laboratorio Operaciones Unitarias. ESPOCH

2.2.1.2.2 DETERMINACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE HIDRÓXIDO DE SODIO

TABLA 2.2.1.2.2-1

DETERMINACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE HIDRÓXIDO DE SODIO

FUNDAMENTO	MATERIALES	TÉCNICA	CÁLCULO
<p>Una solución es una mezcla homogénea de dos o más sustancias. La sustancia disuelta se denomina soluto y está presente generalmente en pequeña cantidad en comparación con la sustancia donde se disuelve denominada solvente. En cualquier discusión de soluciones, el primer requisito consiste en poder especificar sus composiciones, esto es, las cantidades relativas de los diversos componentes.</p> <p>La concentración de una solución expresa la relación de la cantidad de soluto a la cantidad de solvente.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Balanza • 1 vaso de precipitación de 500 ml • Agua • Hidróxido de sodio 	<ul style="list-style-type: none"> • Pese los gramos de NaOH según el cálculo realizado para una solución al 3% • Colocar la cantidad pesada en el balón aforado de 100 ml. • Aforar el balón hasta la marca indicada con agua. • Realizar el mismo procedimiento para cada una de las cuatro concentraciones mencionadas en el primer ítem. 	$\% \frac{P}{V} = \frac{g \text{ soluto}}{100mL \text{ de solución}}$ <p>Dónde:</p> <p>%P/V = Concentración a la cual queremos la solución</p> <p>g soluto = gramos de hidróxido de sodio</p>

FUENTE: NESTOR RIAÑO. Fundamento de la química analítica básica, 2da ed. Manizales: Editorial Universidad de Caldas Pp. 19

2.2.1.2.3 DETERMINACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE HIPOCLORITO DE SODIO

TABLA 2.2.1.2.3-1

DETERMINACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE HIPOCLORITO DE SODIO

FUNDAMENTO	MATERIALES	TÉCNICA	CÁLCULO
<p>Una solución es una mezcla homogénea de dos o más sustancias. La sustancia disuelta se denomina soluto y está presente generalmente en pequeña cantidad en comparación con la sustancia donde se disuelve denominada solvente. En cualquier discusión de soluciones, el primer requisito consiste en poder especificar sus composiciones, esto es, las cantidades relativas de los diversos componentes.</p> <p>La concentración de una solución expresa la relación de la cantidad de soluto a la cantidad de solvente.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Probeta de 1000 ml • 1 vaso de precipitación de 500 ml • Agua • Hipoclorito de sodio 	<ul style="list-style-type: none"> • Medir el volumen de NaClO según el cálculo realizado para una solución al 3% y 5% • Colocar la cantidad de NaClO en el recipiente de mezcla de la solución l. • Realizar el mismo procedimiento para cada una de las soluciones. 	$\% \frac{V}{V} = \frac{mL \text{ soluto}}{100mL \text{ de solución}}$ <p>Dónde:</p> <p>% V/V = Concentración a la cual queremos la solución</p> <p>Ml soluto =volumen del NaClO</p>

FUENTE: FUENTE: NESTOR RIAÑO. Fundamento de la química analítica básica, 2da ed. Manizales: Editorial Universidad de Caldas Pp. 19

2.2.1.2.4 DETERMINACIÓN DEL PORCENTAJE DE HUMEDAD

TABLA 2.2.1.2.4-1

DETERMINACION DEL % DE HUMEDAD

FUNDAMENTO	MATERIALES	TÉCNICA	CÁLCULO
<p>Se denomina humedad al agua que impregna un cuerpo o al vapor presente en la atmósfera. El agua está presente en todos los cuerpos vivos, ya sean animales o vegetales, y esa presencia es de gran importancia para la vida.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Balanza • 1 caja Petri taradas • Escamas de PET lavadas • Estufa 	<ul style="list-style-type: none"> • Pesar las cajas taradas. • Colocar una muestra de escamas de PET lavado. • Pesar. • Llevar a la estufa a 70°C • Secar durante 2 horas. • Pesar escamas PET secas. 	$\%H = \frac{m_1 - m_2}{m_2} * 100$ <p>Dónde:</p> <p>m₁= muestra humedad</p> <p>m₂ = muestra seca</p>

FUENTE: Técnica guía de laboratorio Operaciones Unitarias. ESPOCH

2.3 DATOS DE DISEÑO

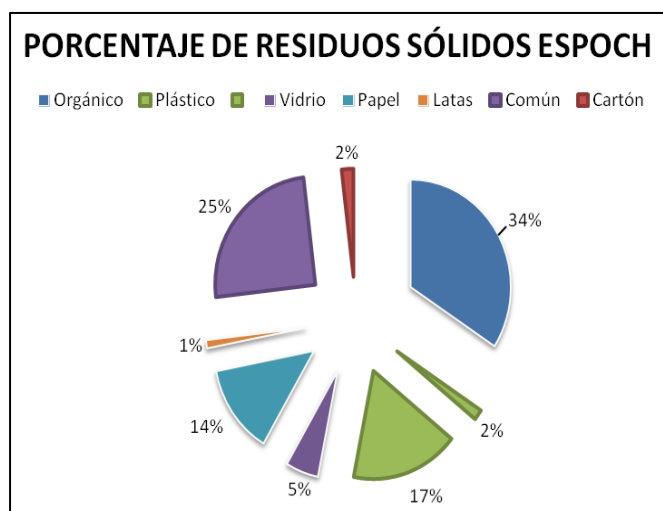
2.3.1.1 PPC DE RESIDUOS SÓLIDOS EN LA ESPOCH

En la tabla que se muestra a continuación se reflejan los pesos y porcentajes diarios de residuos sólidos generados en la ESPOCH.

TABLA 2.3.1.1-1

PRODUCCIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS POR DÍA-ESPOCH

Componente	Peso (Kg/d)	Porcentaje (%)
Orgánico	118,2	34,21
Plástico	Otros	5,5
	PET	60
Vidrio	18,3	5,30
Papel	46,6	13,49
Latas	4,2	1,22
Común	86,1	24,92
Cartón	6,6	1,91
Total	345,5	100,00



FUENTE: BRITO H. / et al, ESPOCH, 2012

La capacidad de la lavadora se lo define en base a la producción diaria de PET y también se la define con la capacidad q tiene el triturador de Plástico PET (60 Kg).

TABLA 2.3.1.1-2

DATOS PARA EL PROCESO DE LAVADO

Producción diaria de PET (ESPOCH) (kg)	Capacidad del equipo (kg)	Batches diarios
60	20	3

FUENTE: CHILUIZA B./ TACLE C., 2013

CAPÍTULO III

DISEÑO

3 DISEÑO

3.1 CÁLCULOS

3.1.1 DETERMINACIÓN DEL NÚMERO DE PUNTOS A MUESTREAR

$$n = \frac{(Z_{1-\alpha}^2 \times N \times \sigma^2)}{(N-1)E^2 + Z_{1-\alpha}^2 + \sigma^2} \quad \text{Ec. 1.5.1 - 1}$$

$$n = \frac{(1,96)^2 \times 13 \times 0,04}{(13-1)(0,056)^2 + (1,96)^2 \times 0,04} = 11 \text{ muestras}$$

3.1.2 DETERMINACIÓN DE LA PRODUCCIÓN PER CÁPITA

$$PPC_{PET} = \frac{\text{Peso Total de Residuos } (W_t)}{\text{Número total de personas}} \quad \text{Ec. 1.3.4.2 - 1}$$

$$PPC_{PET} = \frac{60 \text{ Kg}}{1 \text{ habitante - dia}}$$

$$PPC_{PET} = 0,0035 \frac{\text{Kg}}{\text{habitante - dia}}$$

3.1.3 DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DEL EQUIPO PARA EL LAVADO DE GRANULOS DE PLASTICO RECICLADO PET

3.1.3.1 CÁLCULO PARA EL VOLUMEN DEL TANQUE LAVADOR

$$V = \pi * \left(\frac{Dt}{2}\right)^2 * h \quad \text{Ec. 1.5.4.1 - 2}$$

$$V = \pi * \left(\frac{65 \text{ cm}}{2}\right)^2 * 54 \text{ cm}$$

$$V = 179188,6 \text{ cm}^3$$

La altura del reactor se le incrementa 18 cm como factor de seguridad del 25% ya que la agitación constante puede ocurrir un derrame de solución o de plástico.

Se escoge este diámetro referencial (65 cm) porque nos permite obtener el volumen requerido de aproximadamente 240 litros.

$$V = \pi * \left(\frac{65 \text{ cm}}{2}\right)^2 * 72 \text{ cm}$$

$$V = 238918,12 \text{ cm}^3$$

3.1.4 CÁLCULO PARA EL SISTEMA DE AGITACIÓN

3.1.4.1 CÁLCULO DEL DIAMETRO DEL RODETE

$$\frac{Da}{Dt} = \frac{1}{3} \quad \text{Ec. 1.5.4.2 - 1}$$

$$Da = \frac{Dt}{3}$$

$$Da = \frac{65 \text{ cm}}{3}$$

$$Da \cong 21,6666 \text{ cm}$$

3.1.4.2 CÁLCULO DE ALTURA ENTRE RODETES

$$\frac{E}{Dt} = \frac{1}{3} \quad \text{Ec. 1.5.4.3 - 1}$$

$$E = \frac{Dt}{3}$$

$$E = \frac{65 \text{ cm}}{3}$$

$$E \cong 21,6666 \text{ cm}$$

3.1.5 CÁLCULO DE LA DIMENSIÓN DE LAS PALETAS

3.1.5.1 CÁLCULO DE LA ALTURA DE LAS PALETAS

$$\frac{W}{Da} = \frac{1}{5} \quad \text{Ec. 1.5.4.4 - 1}$$

$$W = \frac{Da}{5}$$

$$W = \frac{21,667}{5}$$

$$W \cong 4,33 \text{ cm}$$

3.1.5.2 CÁLCULO DEL ANCHO DE LAS PALETAS

$$\frac{L}{Da} = \frac{1}{4} \quad \text{Ec. 1.5.4.5 - 1}$$

$$L = \frac{Da}{4}$$

$$L = \frac{21,667}{4}$$

$$L \cong 5,41 \text{ cm}$$

3.1.6 CÁLCULO DE LA POTENCIA PARA EL ACCIONADOR

3.1.6.1 CÁLCULO DEL NÚMERO DE REYNOLDS

$$NRe = \frac{Dt^2 * N * \rho}{\mu} \quad \text{Ec. 1.5.4.6 - 1}$$

$$NRe = \frac{(0,65 \text{ m})^2 * 0,5 * 1000 \text{ kg/m}^3}{1,10 \times 10^{-3} \text{ N.s/m}^2}$$

$$NRe = 281,17$$

3.1.6.2 CÁLCULO DE LA POTENCIA DEL AGITADOR

$$P = Np * \rho * N^3 * Dt^5 \quad \text{Ec. 1.5.4.7 - 1}$$

$$P = 0,068 * \left(1000 \frac{kg}{m^3}\right) * (0,5)^3 * (0,65m)^5$$

$$P \cong 0,88 \text{ HP}$$

3.1.6.3 CÁLCULO DE LA EFICIENCIA DEL EQUIPO

$$E = \frac{\frac{[(m * w^2 * r) * Ax]}{At}}{\text{Potencia suministrada}} * 100 \quad \text{Ec. 1.5.4.8 - 2}$$

$$E = \frac{\frac{\left[\left(60,03 \text{ kg} * \left(4,084 \frac{m}{s}\right)^2 * 0,65 \text{ m}\right) * 2,1 \text{ m}\right]}{2 \text{ s}}}{746 \text{ Watts}} * 100$$

$$E = 91,6\%$$

3.1.7 CÁLCULO DE LA SOLUCIÓN DE Na(OH)

3.1.7.1 SOLUCIÓN AL 1%

$$\% \frac{P}{V} = \frac{\text{masa de soluto (g)}}{\text{volumen de la solución (mL)}} * 100 \quad \text{Ec. 1.5.3.1 - 1}$$

$$Xgr \text{ NaOH} = \frac{10g \text{ NaOH}}{L \text{ agua}} * 53,36 L \text{ agua}$$

$$Xg \text{ NaOH} = 533,6 g$$

3.1.8 CÁLCULO DE LA SOLUCIÓN DE NaClO

3.1.8.1 SOLUCIÓN AL 0,1%

$$\% \frac{V_1}{V} = \frac{\text{volumen de soluto (mL)}}{\text{volumen de la solución (mL)}} * 100 \quad \text{Ec. 1.5.3.1 - 2}$$

$$\left(0,1\% \text{ NaClO} = \frac{X \text{ mL NaClO}}{L \text{ agua}} * 100 \right)$$

$$X \text{ mL NaClO} = \frac{20 \text{ mL NaClO}}{L \text{ agua}} * 53,36 \text{ L agua}$$

$$X \text{ mL NaClO} = 1067,2 \text{ mL}$$

3.1.8.2 SOLUCIÓN AL 0,2%

$$\% \frac{V_1}{V} = \frac{\text{volumen de soluto (mL)}}{\text{volumen de la solución (mL)}} * 100 \quad \text{Ec. 1.5.3.1 - 2}$$

$$\left(0,2\% \text{ NaClO} = \frac{X \text{ mL NaClO}}{L \text{ agua}} * 100 \right)$$

$$X \text{ mL NaClO} = \frac{40 \text{ mL NaClO}}{L \text{ agua}} * 53,36 \text{ L agua}$$

$$X \text{ mL NaClO} = 2134,4 \text{ mL}$$

3.2 RESULTADOS

3.2.1 DIMENSIONAMIENTO DEL LAVADOR

TABLA 3.2.1-1

DIMENSIONAMIENTO DEL LAVADOR

DESCRIPCIÓN	VARIABLE	INDICADOR
CAMARA DE LAVADO		
Volumen	238918.12	cm ³
Altura (H)	72	cm
Diámetro (D _t)	65	cm
SISTEMA DE AGITACION		
Distancia entre el Fondo y el rodete (E)	21.66	cm
Diámetro del Rodete (D _a)	21.66	cm
Alto de la Paleta (W)	4.33	cm
Ancho de la Paleta (L)	5.51	cm

FUENTE: CHILUIZA B. / TACLE C., 2013

3.2.2 RITMO DE ELIMINACIÓN DE MICROORGANISMO AEROBIOS MESÓFILOS

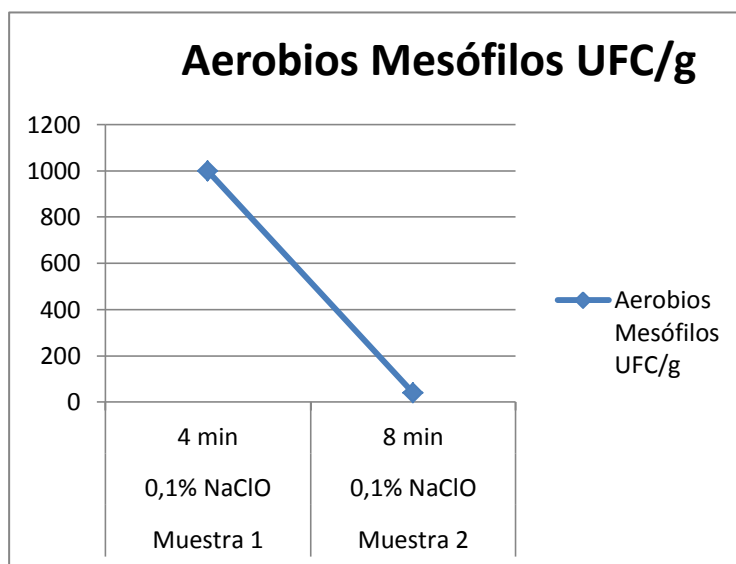
3.2.2.1 LAVADO CON SOLUCIÓN 0,1% NaClO

TABLA 3.2.2.1-1

ELIMINACIÓN DE AEROBIOS MESÓFILOS

Muestra	Concentración (% NaClO)	Tiempo lavado (min)	Aerobios Mesófilos UFC/g
Muestra 1	0,1	4	1000
Muestra 2	0,1	8	40

FUENTE: Análisis de laboratorio, SAQMIC, ANEXO II



FUENTE: CHILUIZA B. / TACLE C., 2013

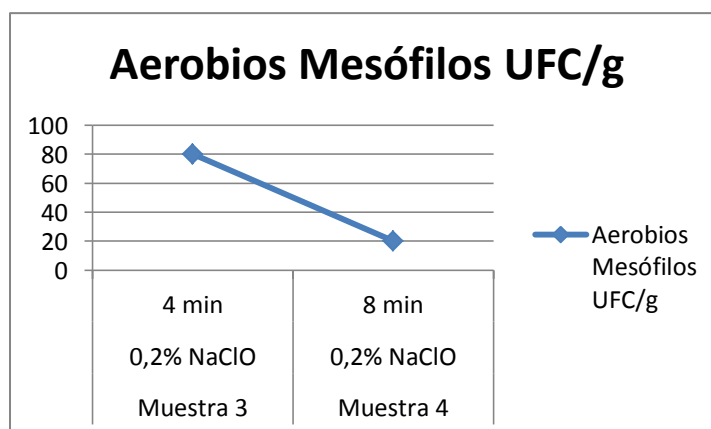
3.2.2.2 LAVADO CON SOLUCIÓN 0,2% NaClO

TABLA 3.2.2.2-1

ELIMINACIÓN DE AEROBIOS MESÓFILOS

Muestra	Concentración (% NaClO)	Tiempo lavado (min)	Aerobios Mesófilos UFC/g
Muestra 3	0,2	4	80
Muestra 4	0,2	8	20

FUENTE: Análisis de laboratorio, SAQMIC, ANEXO II



FUENTE: CHILUIZA B. / TACLE C., 2013

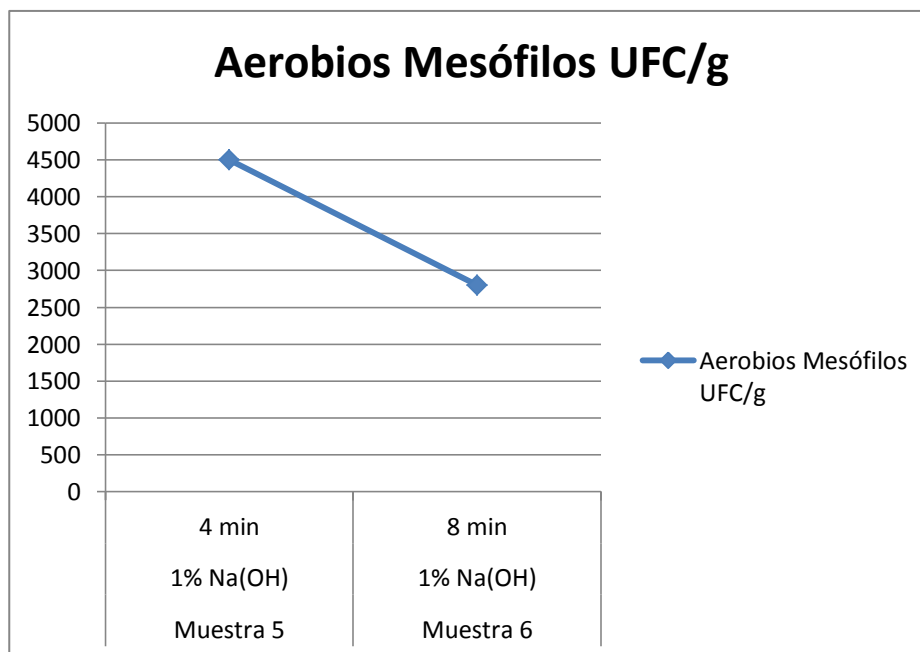
3.2.2.3 LAVADO CON SOLUCIÓN 1% Na(OH)

TABLA 3.2.2.3-1

ELIMINACIÓN DE AEROBIOS MESÓFILOS

Muestra	Concentración (% Na(OH))	Tiempo lavado (min)	Aerobios Mesófilos UFC/g
Muestra 5	1	4	4500
Muestra 6	1	8	2800

FUENTE: Análisis de laboratorio, SAQMIC, ANEXO II



FUENTE: CHILUIZA B. / TACLE C., 2013

3.2.3 PORCENTAJE DE HUMEDAD DE LAS ESCAMAS DE PET LAVADAS

TABLA 3.2.3-1
PORCENTAJE DE HUMEDAD DE LAS ESCAMAS DE PET LAVADAS

MUESTRA	HUMEDAD (%)
Plástico lavado con NaClO 0,1% (4min)	16,763
Plástico lavado con NaClO 0,1% (8min)	19,640
Plástico lavado con NaClO 0,2% (4min)	20,613
Plástico lavado con NaClO 0,2% (8min)	20,567
Plástico lavado con Na(OH)1% (4min)	20,069
Plástico lavado con Na(OH) 1% (8min)	20,649

FUENTE: LABORATORIO DE ANALISIS TÉCNICOS - ESPOCH, ANEXO IV

3.2.4 OBSERVACIÓN Y ANALISIS DE LAS LÁMINAS DE PLÁSTICO PET

TABLA 3.2.4-1
OBSERVACIÓN DE LAS LÁMINAS DE PLÁSTICO PET

MUESTRA	Residuos de solución de lavado (prueba de fenoftaldeína)	Residuos visualizados a nivel del estereoscópio	Tiempo de lavado
Plástico triturado	-	Material extraño y forma granulada	-
Plástico lavado con NaClO 0,1% (4min)	Negativo	Exentas de material extraño.	18 min 45s.
Plástico lavado con NaClO 0,1% (8min)	Negativo	Exentas de material extraño.	20 min 12s
Plástico lavado con NaClO 0,2% (4min)	Negativo	Exentas de material extraño.	17 min 55s
Plástico lavado con NaClO 0,2% (8min)	Negativo	Exentas de material extraño.	19 min 39 s
Plástico lavado con Na(OH)1% (4min)	Negativo	Exentas de material extraño.	17 min 10 s
Plástico lavado con Na(OH) 1% (8min)	Negativo	Exentas de material extraño.	20 min 5s

FUENTE: LABORATORIO DE ANALISIS TÉCNICOS - ESPOCH, ANEXO III

3.2.5 PROPIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS DEL AGUA DE DESCARGA

TABLA 3.2.5-1

PROPIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS DEL AGUA DE DESCARGA

DETERMINACIÓN MUESTRA	PH	Conductividad ($\rho S/cm$)	Alcalinidad (mg/L CaCO ₃)	Turbiedad
Agua de lavado con NaClO 0,1% (4 min)	9,72	1078	2200	360
Agua de lavado con NaClO 0,1% (8 min)	9,69	1077	2200	364
Agua de lavado con NaClO 0,2% (4 min)	10,54	2380	4200	386
Agua de lavado con NaClO 0,2% (8 min)	10,53	2380	4200	389
Agua de lavado con Na(OH) 1% (4 min)	13,10	19260	12200	340
Agua de lavado con Na(OH) 1% (4 min)	13,10	19260	12400	344

FUENTE: LABORATORIO DE ANALISIS TÉCNICOS - ESPOCH, ANEXO V

3.3 REQUERIMIENTOS PRESUPUESTO

3.3.1 RECURSOS HUMANOS

TABLA 3.3.1-1

RECURSOS HUMANOS

DENOMINACIÓN	COSTO (dólares)
Mano de Obra para la construcción del equipo	500.00
TOTAL	500.00

FUENTE: CHILUIZA B. / TACLE C., 2013

3.3.2 RECURSOS MATERIALES

TABLA 3.3.2-1
RECURSOS MATERIALES

DENOMINACIÓN	COSTO (dólares)
Materiales y Suministros de Oficina	100.00
Reactivos para pruebas de Laboratorio	5.0
Material para construcción del equipo	800.0
Análisis de laboratorio para la medición de parámetros del PET lavado	50.0
Varios	50.0
TOTAL	960.0

FUENTE: CHILUIZA B. / TACLE C., 2013

3.3.3 RECURSOS TOTALES

TABLA 3.3.3-1
RECURSOS TOTALES

DENOMINACIÓN	COSTO (dólares)
Recursos Humanos	500.00
Recursos Materiales	960.00
Subtotal	1460.00
Imprevistos 5%	73.00
TOTAL	1533.00

FUE NTE: CHILUIZA B. / TACLE C., 2013

3.4 ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

El valor de la PPC de botellas PET en la institución se determinó en 0,0035 kg/ habitante-día, la cual puede sufrir variaciones debido a que el ingreso de personas a la ESPOCH es fluida.

La caracterización de los gránulos de PET lavado determinó que la mejor solución es la de NaClO al 0,1% lavado durante 8 minutos, ya que esta logro eliminar el 96% de Aerobios Mesó filos, además de eliminar todos los cuerpos extraños que se encontraban en el plástico triturado.

El diseño y construcción del equipo lavador de PET se basó en la producción que tiene el triturador de (20 kg/h) que se reparten en tres tandas de lavado de 6,67 kg cada 20 min.

CAPÍTULO IV
CONCLUSIONES Y
RECOMENDACIONES

4 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 CONCLUSIONES

- La PPC de envases plásticos PET en la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo se determinó en 0,0035 kg/hombre-día.
- Se caracterizó los gránulos de PET lavados obteniendo cargas de Plástico lavado muy bien desinfectados y exentos de cuerpos extraños.
- El diseño del equipo fue determinado en base a una alimentación de 20 Kg/h distribuidos en tres cargas de 6,67 kg de Plástico PET lavados en 20 min 09s cada carga, satisfaciendo así la producción del equipo triturado de botellas.
- El equipo fue validado obteniendo el 91,6% de eficiencia, con un rendimiento del 96% de aerobios mesófilos presentes en el plástico antes del lavado desinfectando adecuadamente los gránulos de PET.

4.2 RECOMENDACIONES

- Se deben utilizar todas las protecciones personales adecuadas en el laboratorio para el uso de reactivos químicos ya que estos pueden ocasionar daños a la salud del practicante
- La preparación de las soluciones de lavado debe hacerse de manera acorde con las cantidades adecuadas de reactivo.
- Los tiempos de lavado deben ser adecuados según las pruebas de ensayo ya que un prolongado contacto entre el plástico PET y la solución de lavado puede traer como consecuencia la degradación del Polímero.

- Luego del lavado del Plástico PET debe realizarse la respectiva neutralización a la solución de lavado seleccionada para su posterior descarga al alcantarillado.
- Lavar exhaustivamente el equipo después de su uso ya que este está en contacto con soluciones fuertemente alcalinas, las que posteriormente puedan traer problemas de corrosión al equipo.

CAPÍTULO V

5 BIBLIOGRAFIA

1. **BRITO, H.** Texto Básico de Operaciones Unitarias I, 1er ed., Riobamba-Ecuador., Editorial., JL Distribuciones., 2000.Pp. 22-47.
2. **GEANKOPLIS, C.J.** Procesos de Transporte y Operaciones Unitarias., 3ra.ed., Continental, México., 1998.p. 161-172.
3. **RIAÑO,N.** Fundamento de la Química Analítica básica., 2da ed., Manizales-Colombia., Editorial., Universidad de Caldas., 2007., Pp: 19-26, 28-32

INTERNET

1. AGITACIÓN.

<http://www.itescam.edu.mx/principal/sylabus/fpdb/recursos/r94937.PDF>

(2013-08-02)

2. DIMENSIONAMIENTO DEL SISTEMA DE AGITACIÓN.

<http://www.itescam.edu.mx/principal/sylabus/fpdb/recursos/r94937.PDF>

(2013-08-10)

3. ORIGEN, PROPIEDADES, Y APLICACIONES.

<http://josexrockoz.blogspot.com/2011/01/uso-y-aplicaciones-del-plastico.html>

(2013-07-14)

4. PORCENTAJE DE HUMEDAD.

<http://www.itescam.edu.mx/principal/sylabus/fpdb/recursos/r46868.PDF>

(2013-09-04)

5. RECICLAJE EN LA REPÚBLICA DEL ECUADOR.

<http://www.ambiente.gob.ec/ecuador-incremento-la-recoleccion-de-botellas-pet-en-2012/>

(2013-07-10)

6. TERFTALATO DE POLIETILENO.

<http://www.slideshare.net/rembertu/proyecto-sobre-plasticos-final-102>

(2013-07-29)

ANEXOS

ANEXO I

EXAMEN MICROBIOLÓGICO DE LA MUESTRA DE PLÁSTICO RECICLADO



Contáctanos: 093387300 - 032942022 ó 093806600 – 03360-260
 Av. 11 de Noviembre y Milton Reyes Riobamba – Ecuador

EXAMEN MICROBIOLÓGICO

CODIGO: 292-2013

CLIENTE: Srta. María Belén Chiluiza , Cristofher Tacle		
DIRECCION: Loma de Quito		TELEFONO: 0984961055
TIPO DE MUESTRA: Muestra de plástico reciclado.		
FECHA DE RECEPCIÓN: 2013-08-09		
FECHA DE MUESTREO: 2013-08-09		
01 EXAMEN FISICO		
COLOR: Característico		
OLOR: Característico		
ASPECTO: Homogéneo, libre de material extraño.		
02 DETERMINACIONES	METODO USADO	VALOR ENCONTRADO
Aerobios mesófilos UFC/g	Siembra a profundidad	6 x 10 ⁷
03 OBSERVACIONES:		
FECHA DE ANALISIS: 2013-08-09		
FECHA DE ENTREGA: 2013-08-12		
RESPONSABLES:		
		
Dra. Gina Álvarez R.		Dra. Fabiola Villa

El informe sólo afecta a la muestra solicitada a ensayo; el informe no deberá reproducirse sino en su totalidad previo autorización de los responsables.

*La muestra es receptada en el laboratorio.

NOTAS	CATEGORÍAS DEL DIAGRAMA	ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA	EXAMEN MICROBIOLÓGICO DE LA MUESTRA DE PLÁSTICO RECICLADO		
	<ul style="list-style-type: none"> ○ Certificado ● Por Aprobar ○ Aprobado ○ Para información ○ Por calificar 	María Belén Chiluiza Llangarí Cristofher Israel Tacle Humanante	LÁMINA	ESCALA	FECHA
			1/7		08/09/2013

ANEXO II

EXAMEN MICROBIOLÓGICO DE LA MUESTRA DE PLÁSTICO LAVADO





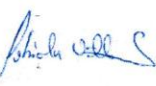
Contáctanos: 093387300 - 032942022 ó 093806600 – 03360-260
 Av. 11 de Noviembre y Milton Reyes Riobamba – Ecuador

EXAMEN MICROBIOLÓGICO

CODIGO: 311-316-2013

CLIENTE: Srta. María Belén Chiluiza, Cristofher Tacle	
DIRECCION: Loma de Quito	TELEFONO: 0984961055
TIPO DE MUESTRA: Muestra de plástico lavado.	
FECHA DE RECEPCIÓN: 2013-09-10	
FECHA DE MUESTREO: 2013-09-12	
01 EXAMEN FISICO	
COLOR: Característico	
OLOR: Característico	
ASPECTO: Homogéneo, libre de material extraño.	

TIPO DE MUESTRA	DETERMINACIÓN	MÉTODO	RESULTADO
Plástico lavado con cloro al 0,1.% (4 min)	Aerobios mesófilos UFC/g	Siembra a profundidad	1.0 X 10 ³
Plástico lavado con cloro al 0,1.% (8 min)	Aerobios mesófilos UFC/g	Siembra a profundidad	40
Plástico lavado con cloro al 0,2.% (4 min)	Aerobios mesófilos UFC/g	Siembra a profundidad	80
Plástico lavado con cloro al 0,2.% (8 min)	Aerobios mesófilos UFC/g	Siembra a profundidad	20
Plástico lavado con Na(OH) al 0,1.% (4 min)	Aerobios mesófilos UFC/g	Siembra a profundidad	4.5 X 10 ³
Plástico lavado con Na(OH) al 0,1.% (8 min)	Aerobios mesófilos UFC/g	Siembra a profundidad	2.8 X 10 ⁴

03 OBSERVACIONES:
FECHA DE ANALISIS: 2013-09-10
FECHA DE ENTREGA: 2013-09-12
RESPONSABLES:
  
Dra. Gina Álvarez R.
Dra. Fabiola Villa
El informe sólo afecta a la muestra solicitada a ensayo; el informe no deberá reproducirse sino en su totalidad previo autorización de los responsables.
*La muestra es receptada en el laboratorio.

NOTAS	CATEGORÍAS DEL DIAGRAMA	ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA	EXAMEN MICROBIOLÓGICO DE LA MUESTRA DE PLÁSTICO LAVADO		
			LÁMINA	ESCALA	FECHA
	<ul style="list-style-type: none"> ○ Certificado ● Por Aprobar ○ Aprobado ○ Para información ○ Por calificar 	María Belén Chiluiza Llangari Cristofher Israel Tacle Humanante	2/7		12/09/2013

ANEXO III

INFORME DE ANÁLISIS DE LÁMINAS DE PLÁSTICO



LABORATORIO DE ANÁLISIS TÉCNICOS FACULTAD DE CIENCIAS

Casilla 06-01-4703

Telefax: 2968 912

Riobamba - Ecuador

INFORME DE ANÁLISIS

Análisis solicitado por: Sr Cristopher Tacle, Belén Chiluiza

Fecha de Análisis: 10 de septiembre de 2013

Fecha de Entrega de Resultados: 13 de septiembre de 2013

Tipo de muestra: Plástico PET

Localidad: Escuela Superior Politécnica de Chimborazo (Laboratorio de Procesos Industriales)

ANÁLISIS DE LÁMINAS DE PLÁSTICO.

Observaciones:

Se realiza el análisis de la condición física de láminas de plástico triturado, Para el efecto se utiliza el estereoscopio, que permite ampliar la imagen de los objetos.

Luego de una observación prolija se determino lo siguiente:

Láminas sin lavado; láminas de color oscuro, presencia de material extraño de coloración negra y forma granulada, presencia de restos de fibra alargadas semejantes a cabello.

Láminas lavadas; láminas de color claro exentas de materiales extraños.

Se determina la presencia de restos de material (reactivos) de lavado, para ello se utiliza el reactivo de fenolftaleína como indicador de sustancias alcalinas.

La prueba realizada en las láminas lavadas fue negativa, no colorean a la fenolftaleína.

Atentamente,

Dra. Gina Álvarez R.

RESP. LAB. ANÁLISIS TÉCNICOS

NOTAS	CATEGORÍAS DEL DIAGRAMA	ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA	INFORME DE ANÁLISIS DE LÁMINAS DE PLÁSTICO		
			LÁMINA	ESCALA	FECHA
	<ul style="list-style-type: none">○ Certificado● Por Aprobar○ Aprobado○ Para información○ Por calificar	María Belén Chiluiza Llangari Cristopher Israel Tacle Humanante	3/7		12/09/2013

ANEXO IV

INFORME DE ANÁLISIS DE PLÁSTICO PET



LABORATORIO DE ANÁLISIS TÉCNICOS FACULTAD DE CIENCIAS

Casilla 06-01-4703

Telefax: 2968 912

Riobamba - Ecuador

INFORME DE ANÁLISIS

Análisis solicitado por: Sr Cristofher Tacle, Belén Chiluiza

Fecha de Análisis: 10 de septiembre de 2013

Fecha de Entrega de Resultados: 13 de septiembre de 2013

Tipo de muestra: Plástico PET

Localidad: Escuela Superior Politécnica de Chimborazo (Laboratorio de Procesos Industriales)

Determinaciones	Unidades	Humedad
Plástico Lavado con Cloro 0.1% (4 min)	%	16.763
Plástico Lavado con Cloro 0.1% (8 min)	%	19,640
Plástico Lavado con Cloro 0.2% (4 min)	%	20,613
Plástico Lavado con Cloro 0.2% (8 min)	%	20,567
Plástico Lavado con Na(OH) 1% (4min)	%	20,069
Plástico Lavado con Na(OH) 1% (8min)	%	20,649

Atentamente,

Dra. Gina Álvarez R.

RESP. LAB. ANÁLISIS TÉCNICOS

NOTAS	CATEGORÍAS DEL DIAGRAMA	ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA	INFORME DE ANÁLISIS DE PLÁSTICO PET		
			LÁMINA	ESCALA	FECHA
	<ul style="list-style-type: none">○ Certificado● Por Aprobar○ Aprobado○ Para información○ Por calificar	María Belén Chiluiza Llangarí Cristofher Israel Tacle Humanante	4/7		12/09/2013

ANEXO V
INFORME DE ANÁLISIS DE AGUAS

ESPOCH

LABORATORIO DE ANÁLISIS TÉCNICOS
FACULTAD DE CIENCIAS

Casilla 06-01-4703

Telefax: 2998 200 ext 332

Riobamba - Ecuador

INFORME DE ANÁLISIS DE AGUAS

Análisis solicitado por: Sr. Cristopher Tacle, Belén Chiluiza

Fecha de Análisis: 10 de septiembre del 2013

Fecha de Entrega de Resultados: 12 de septiembre del 2013

Tipo de muestras: Agua Residual de Lavado de Plástico PET

Localidad: Escuela Superior Politécnica de Chimborazo (Laboratorio Procesos Industriales)

Código LAT/008-13

Análisis Químico

Determinaciones	pH	Conductividad	Alcalinidad	Turbiedad
Muestra-Tratamiento				
Agua de lavado con cloro al 0,1% (4min)	9,72	1078 μ S/cm	2200 mg/L CaCO ₃	360
Agua de lavado con cloro al 0,1% (8min)	9,69	1077 μ S/cm	2200 mg/L CaCO ₃	364
Agua de lavado con cloro al 0,2% (4min)	10,54	2380 μ S/cm	4200 mg/L CaCO ₃	386
Agua de lavado con cloro al 0,2% (8min)	10,53	2380 μ S/cm	4200 mg/L CaCO ₃	389
Agua de lavado con hidróxido de sodio al 1% (4min)	13,09	19260 μ S/cm	12200 mg/L CaCO ₃	340
Agua de lavado con hidróxido de sodio al 1% (8min)	13,10	19260 μ S/cm	12400 mg/L CaCO ₃	344

Observaciones:

Atentamente.

Dra. Gina Álvarez R.

RESP. LAB. ANÁLISIS TÉCNICOS

Nota: El presente informe afecta solo a la muestra analizada.

NOTAS	CATEGORÍAS DEL DIAGRAMA	ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA	INFORME DE ANÁLISIS DE AGUAS		
	<ul style="list-style-type: none"> ○ Certificado ● Por Aprobar ○ Aprobado ○ Para información ○ Por calificar 	María Belén Chiluiza Llangari Cristopher Israel Tacle Humanante	LÁMINA	ESCALA	FECHA
			5/7		12/09/2013

ANEXO VI
EQUIPO LAVADOR DE GRÁNULOS DE PLÁSTICO RECICLADO PET



a)



b)

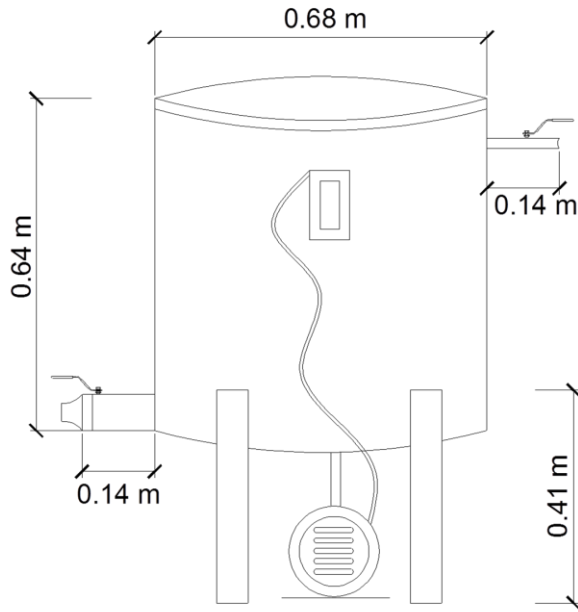
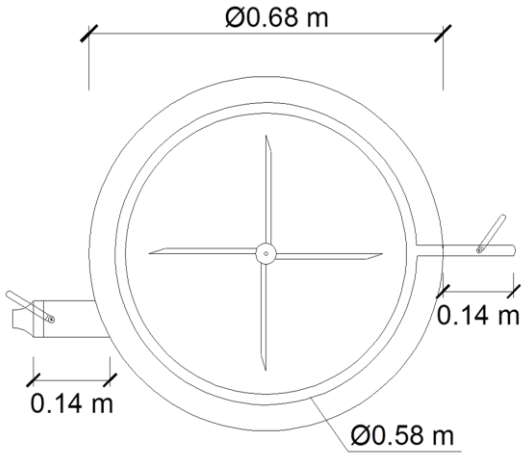


c)

NOTAS	CATEGORÍAS DEL DIAGRAMA	ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA	EQUIPO LAVADOR DE GRÁNULOS DE PLÁSTICO RECICLADO PET		
a) Equipo Lavador, tanque b) sistema de agitación c) sistema de enjuague	<ul style="list-style-type: none"> ○ Certificado ● Por Aprobar ○ Aprobado ○ Para información ○ Por calificar 	María Belén Chiluiza Llangari Cristopher Israel Tacle Humanante	LÁMINA	ESCALA	FECHA
			6/7		13/09/2013

ANEXO VII

DISEÑO DEL EQUIPO LAVADOR DE GRÁNULOS DE PLÁSTICO RECICLADO PET



NOTAS	CATEGORÍAS DEL DIAGRAMA	ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA	DISEÑO DEL EQUIPO LAVADOR DE GRÁNULOS DE PLÁSTICO RECICLADO PET		
a) Vista en planta del equipo b) Vista frontal del equipo	<ul style="list-style-type: none"> ○ Certificado ● Por Aprobar ○ Aprobado ○ Para información ○ Por calificar 	María Belén Chiluiza Llangari Cristopher Israel Tacle Humanante	LÁMINA	ESCALA	FECHA
			7/7	1:10	12/10/2013