

**UNIVERSIDAD DE PANAMÁ
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
ESCUELA DE INGENIERÍA AGRICOLA**

**EVALUACIÓN DE LA TECNOLOGÍA DE POLÍMEROS Y
GEOTUBOS EN EL TRATAMIENTO DE LAS AGUAS
RESIDUALES EN EL BENEFICIO CAFÉ DURÁN, RÍO
COLORADO-BUGABA PROVINCIA DE CHIRIQUÍ**

**YAMIREL CUBILLA BATISTA
8-785-1815**

**DAVID, CHIRIQUÍ,
REPÚBLICA DE PANAMÁ**

2008

**EVALUACIÓN DE LA TECNOLOGÍA DE POLÍMEROS Y
GEOTUBOS EN EL TRATAMIENTO DE LAS AGUAS
RESIDUALES EN EL BENEFICIO CAFÉ DURÁN, RÍO
COLORADO-BUGABA PROVINCIA DE CHIRIQUÍ**

**TRABAJO DE GRADUACIÓN SOMETIDA PARA OPTAR POR
EL TÍTULO DE INGENIERO EN MANEJO AMBIENTAL**

**FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
ESCUELA DE INGENIERÍA AGRÍCOLA**

**PERMISO PARA SU PUBLICACIÓN, REPRODUCCIÓN TOTAL
O PARCIAL DEBE SER OBTENIDA DE LA FACULTAD DE
CIENCIAS AGROPECUARIAS**

APROBADO:

PROF. ING. AMILCAR BEITIA MSc.

DIRECTOR

PROF. ING. LADISLAO GUERRA MSc.

ASESOR

PROF. ING. GERARDO SANDOYA MSc.

ASESOR

**DAVID, CHIRIQUÍ,
REPÚBLICA DE PANAMÁ**

2008

AGRADECIMIENTO

- A: DIOS por darme la vida, salud, perseverancia y haberme iluminado en momentos difíciles dentro del desarrollo de mi carrera universitaria.*
- A: mis padres, familiares y amigos que de una manera u otra me apoyaron y me dieron fuerzas para poder terminar mis estudios.*
- Al: Ing. Gerardo Sandoya por guiarme y apoyarme en la realización y desarrollo de mi trabajo de graduación, así como también al Ing. Amilcar Beitia y al: Ing. Ladislao Guerra, por su tiempo, paciencia, recomendaciones y profesionalismo que me demostraron durante la elaboración de mi trabajo de graduación.*
- Al: Sr. Manuel González, Administrador del Beneficio S.A y a la M Sc. Dalys M. Rovira directora de Laboratorio de Aguas y Servicios Físicoquímico (LASEF) por su valiosa colaboración y estímulo durante el desarrollo de mi Trabajo de Graduación.*
- A: SENACYT por el apoyo brindado para el desarrollo de la investigación.*

Yamirel

DEDICATORIA

Este trabajo se lo dedico a DIOS, a mis Padres y familiares que han sido un motivo de inspiración para mi superación profesional.

A mis amistades y profesores que de una u otra manera me alentaron durante la culminación de mis estudios.

Yamirel

Cubilla Batista, Y. 2008. Evaluación Económica de la utilización de Polímeros y geotubos en el tratamiento de las aguas residuales en el Beneficio Café Durán, Río Colorado-Bugaba Provincia de Chiriquí. Tesis Ing. en Manejo Ambiental. Chiriquí, Panamá, Facultad de Ciencias Agropecuarias. 77 p.

RESUMEN

El proceso de beneficiado de café genera aguas residuales provenientes de las operaciones de despulpado y lavado, las cuales representan un reto para el sector por su alto nivel de contaminante. La descarga de aguas mieles sin tratamiento a los cuerpos de aguas naturales, provenientes de los beneficios de café ubicados en la provincia de Chiriquí, representa un problema para la sostenibilidad ambiental, de la actividad cafetalera en la provincia y en el País

En la República de Panamá existen normas ambientales que regulan los vertidos a efluentes líquidos, a cuerpos de aguas superficiales y subterráneas, normas DGNTI-COPANIT 35-2000 y DGNTI-COPANIT 39-2000, aprobado mediante la Resolución No 351 del 26 de julio de 2000 y Resolución No 350 del 26 de julio de 2000, que obliga a la industria cafetalera a desarrollar y emplear sistemas que le permiten beneficiar sus granos con eficiencia, y en armonía con el ambiente.

El estudio se llevo a acabo en el Beneficio de Café Duran ubicado en Río Colorado, Distrito de Bugaba provincia de Chiriquí, con el fin de evaluar el tratamiento de aguas residuales mediante el uso de la Tecnología de polímeros y geotubos, con el propósito de cumplir con las normas ambientales de Panamá.

Café Duran cuenta con un beneficio ecológico de flujo continuo y es una de las Empresas que aplican las tecnologías de principios físico y químico de coagulación – floculación mediante la aplicación de sustancias químicas (polímeros); crean partículas coloidales que forman flóculos hidratados de tamaño tal que se puedan retenerse dentro del geotubo y filtrar el agua.

Este estudio consta de cuatro pruebas:

1. **Prueba de Jard Test:** en esta prueba se determina el polímero más adecuado y la dosis a utilizar.
2. **Prueba de bolsa colgante:** en esta prueba se determina si el floculo tiene el tamaño correcto para que realice una buena filtración.
3. **Instalación del sistema en campo:** se determina si el tratamiento esta trabajando de manera eficiente.

4. **Prueba de laboratorio:** esta prueba determina cuantitativamente la concentración de los parámetros que establece la Norma de Calidad para evaluar la efectividad del sistema en la reducción de concentración de estos parámetros.

En la prueba de Jard Test se determinó que el Polímero - 492 al uno (1) por ciento con dosis de polímero de 15 cc en 500cc de agua miel trabajo de manera eficiente formando una buena floculación y disminuyendo el color amarillento del agua a transparente.

En la prueba de bolsa colgante, se comprobó la eficiencia de la geobolsa y se puede corregir cualquier falla referente al tamaño del floculo, que de lo contrario se puede correr el riesgo de que se pierda el floculo por un mal filtrado de la bolsa.

El sistema tecnológico para tratamiento de aguas mieles polímeros + geotubos trabajo de manera eficiente.

En el laboratorio se realizaron los análisis fisicoquímicos y microbiológicos, para medir la eficiencia del polímero y geotubo en la reducción de las concentraciones de los parámetros exigidos por la norma DGNTI-COPANIT 35-2000.

Con la realización de este estudio se comprobó que la tecnología de polímero + geotubos trabaja de manera eficiente en el tratamiento de aguas residuales de café

Palabras claves: aguas residuales, aguas mieles, café, floculación, geotubo, planta procesadora de café, parámetros fisicoquímicos y microbiológicos, polímero, tratamiento de aguas.

ÍNDICE DE CONTENIDO

	PÁG.
AGRADECIMIENTO.....	iii
DEDICATORIA.....	iv
RESUMEN.....	v
ÍNDICE DE CONTENIDO.....	vii
ÍNDICE DE CUADROS.....	x
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xi
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xii
1. INTRUDUCCIÓN.....	1
1.1 Planteamiento del problema.....	1
1.2 Característica del problema.....	3
1.3 Justificación	3
1.4 Objetivos.....	6
1.4.1 Objetivo general.....	6
1.4.2 Objetivos específicos.....	6
1.5 Hipótesis.....	6
1.6 Alcances y limitaciones del Estudio.....	7
2. REVISIÓN DE LITERATURA.....	8
2.1 Generalidades del Beneficiado de Café.....	8
2.2 Procesamiento del Café.....	8
2.2.1 Recibo de café.....	10

2.2.2	Despulpado.....	10
2.2.3	Desmucilaginado.....	11
2.1.4	Lavado y clasificación.....	12
2.2.5	Fase de presecado.....	12
2.2.6	Secado.....	13
2.2.7	Almacenado.....	14
2.3	Contaminación producida por desechos sólidos y líquidos en el beneficio de café.....	14
2.3.1	Contaminación producida por el café	14
2.3.2	Residuos contaminantes de el beneficiado.....	15
2.4	Sistemas de tratamiento de los residuos líquidos y sólidos de café.....	19
2.4.1	Tratamiento físico.....	19
2.4.2	Tratamiento biológico	19
2.4.3	Tratamiento químico	20
2.5	Planta procesadora Café Durán.....	20
2.5.1	Sistema húmedo de flujo continuo.....	22
2.5.2	Sistema aplicable en el beneficio Café Durán.....	23
2.6	Tecnología de polímeros + Geotubos.....	30
2.6.1	Polímeros	30
2.6.2	Funcionamiento de los geotubos	30
2.6.2.1	Confinamiento.....	31
2.6.2.2	Drenaje.....	31
2.6.2.3	Consolidación.....	32
2.7	Normas ambientales en Panamá.....	32

2.7.1 Legislación ambiental.....	33
2.7.1.1 Contaminación ambiental.....	33
2.7.1.2 Recurso hídrico.....	36
2.8 Caficultura en Panamá.....	39
2.8.1 Exportación de café en Panamá.....	40
3. MATERIALES Y MÉTODOS.....	41
3.1 Ubicación geográfica.....	41
3.2 Materiales.....	41
3.3 Métodos.....	42
3.3.1 Prueba de Jard test.....	42
3.3.2 Pruebas de geobolsa	42
3.3.3 Instalación del sistema.....	45
3.3.4 Prueba de laboratorio.....	45
3.3.5 Análisis financieros.....	46
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	47
5. CONCLUSIONES.....	53
6. RECOMENDACIONES.....	54
7. REFERENCIAS CITADA.....	55
8. ANEXOS.....	59

ÍNDICE DE CUADROS

CUADRO	CONTENIDO	PÁG.
I	PARAMETROS SOLICITADOS POR (CIU)	38
II	VALORES MÁXIMOS PERMISIBLES DE LAS DESCARGAS DE EFLUENTES LÍQUIDOS A CUERPO RECEPTORES	39
III	CRONOGRAMA DE CUMPLIMIENTO DESCARGAS DE ACTIVIDADES COMERCIALES E INDUSTRIALES	41
IV	DEFINICIÓN DE INDICADORES PARA EL COLOR DEL AGUA	46
V	TIEMPO DE FLOCULACIÓN DE POLIMEROS	47
VI	DETERMINACIÓN DE LA DOSIS DE POLÍMERO A UTILIZAR PARA LA COAGULACIÓN DE LA MATERIA ORGÁNICA SEGÚN LA PRUEBA DE JARD TEST	50
VII	PRUEBA DE BOLSA	51
VIII	INSTALACIÓN DEL SISTEMA	51
IX	ANÁLISIS DE AGUA MIEL CRUDA Y LOS TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES	52
X	COSTOS DE LA UTILIZACIÓN DE POLÍMEROS	53
XI	COSTO DE LA TECNOLOGIA	53

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA	CONTENIDO	PÁG.
1	SISTEMA DE BENEFICIADO DE CAFÉ	30
2	DIAGRAMA DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS MIELES DEL BENEFICIADO DE CAFÉ DURÁN.	31

ÍNDICE DE ANEXOS

Nº	CONTENIDO	PÁG.
I	CARACTERISTICAS DE LAS AGUAS RESIDUALES DEL BENEFICIADO DE CAFÉ	60
II	MINISTERIO DE COMERCIO E INDUSTRIAS VICEMINISTRO DE COMERCIO EXTERIOR PRODUCTOS EXPORTADOS EN EL AÑO 2006	60
III	PESO Y VALOR DE LA EXPORTACIÓN DE PANAMÁ, POR AÑO ESPECÍFICO, SEGÚN INICIO ARANCELARIO ESPECÍFICO Y PAIS DE DESTINO AÑO 2007	61
IV	PESO Y VALOR DE LA EXPORTACIÓN DE PANAMÁ, POR AÑO ESPECÍFICO, SEGÚN INICIO ARANCELARIO ESPECÍFICO Y PAIS DE DESTINO AÑO 2007	62
V	PESO Y VALOR DE LA EXPORTACIÓN DE PANAMÁ, POR AÑO ESPECÍFICO, SEGÚN INICIO ARANCELARIO ESPECIFICO Y PAIS DE DESTINO AÑO 2007	63
VI	AGUA MIEL CRUDA Y LA EFICIENCIA DE LOS SISTEMAS DE TRATAMIENTO. M1 SIN PROCESO VS. M1 FASE DE SEPARACIÓN Y M2 VS. M3 A LA SALIDA DEL SEGUNDO GEOTUBO	64
1	EMPRESA CAFÉ DURAN	65
2	DETERMINACIÓN DE POLIMEROS	65
3	PREPARACIÓN PARA LA PRUEBA DE JAR TEST	66
4	PRUEBA DE JARD TEST	66
5	PRUEBA DE JARD TEST	66
6	EL AGUA MIEL LLEGA A LA FOSA RECOLECCIÓN	67
7	BOMBA	67
8	DE LA FOSA SE BOMBEA A UN FILTRO HELICOIDAL A 5 MTS DE ALTURA, PRIMERA SEPARACIÓN	68
9	DEL HELICOIDAL EL AGUA MIEL PASA POR UN FILTRO MAYA, SEGUNDA SEPARACIÓN	68
10	DEL FILTRO MAYA POR GRAVEDAD EL AGUA PASA A LA TINA DE SEDIMENTACIÓN, TERCERA SEPARACIÓN	69

Nº	CONTENIDO	PÁG.
11	DE LA TINA EL AGUA ES BOMBEADA AL TANQUE DE HOMOGENIZACIÓN, DONDE SE REALIZA EL TRATAMIENTO CON POLÍMEROS	69
12	EL AGUA FLOCULADA ES ENVIADA A GEOTUBOS POR GRAVEDAD	70
13	PROCESO DE FILTRACIÓN POR PARTE DE LOS GEOTUBOS	70
14	TOMA DE MUESTRAS	71
15	TOMA DE LA MUESTRA M 2	71
16	TOMA DE LA MUESTRA M3	72
17	CARGA CONTAMINANTE EN KG DQO/QQ DE CAFÉ	72
18	COMPARACIÓN DE LOS PARÁMETROS DE M1, M2 Y M3	73
19	COMPARACIÓN DE LOS PARÁMETROS DE M1, M2 Y M3	73
20	RELACIÓN ENTRE LA CANTIDAD DE AGUA MIEL SIN TRATAMIENTO Y DÍAS DE FUNCIONAMIENTO DEL GEOTUBO	74
21	RELACIÓN ENTRE LA CANTIDAD DE AGUA MIEL TRATADA Y DÍAS DE FUNCIONAMIENTO DEL GEOTUBO	74
22	VISTA LATERAL Y DE PLANTA GEOTUBO DE 30 x 50 PIES	75
23	VISTA HORIZONTAL DEL GEOTUBO	76

1. INTRODUCCIÓN

1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En la República de Panamá la producción de café es una actividad que se ha desarrollado desde los años de 1780, sin tener en consideración los daños que ocasiona al medio ambiente producto del mal manejo de los desechos orgánicos que se generan diariamente y que gradualmente son depositados en el suelo y a su vez vertido a las fuentes de agua vivas haciendo que disminuya su calidad y cantidad.

El beneficiado de café, atendiendo al proceso agroindustrial tradicionalmente utilizado en nuestro país, constituye uno de los principales focos de contaminación de las fuentes fluviales existentes en el territorio de tierras altas de la Provincia de Chiriquí, consecuencia de los vertimientos de los desechos líquidos y sólidos (aguas, mieles y broza) que este proceso produce.

La mayoría de los beneficios cafetaleros no cuentan con las equipo para mediciones ambientales necesarias para garantizar el cumplimiento de las normas, por la falta de metodologías confiables y costos-beneficios razonables al momento de implementarlas.

Esta situación nos lleva a una recurrente contaminación ambiental que parece no acabar. Desde esta perspectiva nos planteamos la necesidad de

presentar un proyecto para el tratamiento de aguas residuales provenientes de beneficios de cafés.(Miranda,2006).

Panamá, al igual que muchos otros países del Istmo Centroamericano, ha estado sustentando históricamente su economía en la agricultura y dentro de esta, el café ha sido un cultivo de gran importancia social y económica. (ANAM, 2005).

La fuerte diversificación productiva de los últimos años y la crisis en los precios internacionales del café, han disminuido la participación de este rubro en la generación de divisas dentro del sector agropecuario. (ANAM, 2005).

La disminución de la disponibilidad y la contaminación de las aguas superficiales es un tema de gran preocupación mundial; es por eso que la conservación del medio ambiente y de los recursos naturales, es un asunto que nos compete a todos los seres humanos; no existe ningún lugar en nuestro planeta que se encuentre exento del agotamiento y contaminación constante de los recursos naturales. El agua, es tal vez de lejos el recurso más contaminado y a la vez apreciado por el hombre, motivo por el cual resulta imprescindible manejarlo y conservarlo en forma sostenible a largo plazo. (ANAM, 2005).

A pesar de la concienciación de los países desarrollados y en vías de desarrollo en materia de medio ambiente, siguen siendo importantes los niveles de contaminación de las aguas próximas a los asentamientos

humanos, industriales y turísticos y siguen llegando a arroyos y ríos, los vertidos de aguas residuales con productos químicos tóxicos y microorganismos patógenos infecciosos, que luego desembocan a pantanos, lagos o mares.

1.2 CARACTERÍSTICA DEL PROBLEMA

Las operaciones del beneficiado húmedo de café han generado enormes volúmenes de aguas residuales, que arrastraban las mieles y otros desechos, hacia los cursos naturales de las aguas, sin tratamiento alguno.

Una fanega de café cereza puede producir una contaminación de 15 kg de DQO al ser beneficiada, en las aguas residuales; esto significa 60 g DQO/kg café cereza. Es conocido que una persona produce 54 g DBO/día en excretas, descargadas en las aguas negras. Por lo tanto para una cosecha de 3,4 millones de fanegas, la contaminación total generada es equivalente a la de una población de 8 millones de habitantes. (MEIER, 1998).

Las cifras anteriores corresponden a sustancias solubles y suspendidas, provenientes del fruto de café. La pulpa está por aparte y si es descargada a los ríos originan un problema mayor, porque su degradación es más lenta. (MEIER, 1998).

1.3 JUSTIFICACIÓN

En el beneficiado húmedo del café se generan tres diferentes contaminantes los cuales son las aguas de despulpado, las aguas de lavado y la pulpa cuando la misma es vertida a los ríos.

Investigaciones establecen que la pulpa del café puede perder hasta un 26% de su peso seco mientras es transportado fuera del beneficio. Esta pérdida de peso no solo es una importante fuente de contaminación sino que también representa un gran empobrecimiento de la misma, lo que limita seriamente su uso futuro, hemos determinado que las aguas de despulpado en el beneficiado húmedo convencional aportan una carga contaminante de 160 gramos D.Q.O. por kilogramo de café verde.

Otra de las fuentes de contaminación es el lavado de las mieles que rodean la semilla del café operación que debe ser realizada previo al secado. Las aguas de lavado aportan 170 gramos de D.Q.O.

El beneficiado húmedo de un kilogramo de café verde provoca, mediante la generación de las aguas de lavado y de despulpado, una contaminación equivalente a la generada por 5.6 personas adultas por día.

La tercera forma de contaminación puede ser causada por el vertido de la pulpa o de fracciones de ellas a las fuentes de agua y de producirse sería la más importante.

La magnitud del problema obliga a todos los sectores involucrados a investigar a fondo sus consecuencias, y a implementar métodos eficientes y económicos de control para la protección del medio ambiente. A partir del año 2000, el Gobierno Nacional a través del Ministerio de Comercio e Industrias y

la Autoridad Nacional del Ambiente (ANAM), reglamentaron la calidad del agua a ser descargas a cursos y masas de aguas superficiales o subterráneas, mediante parámetros físico-químicos los cuales deben cumplirse antes de ser vertidas.

Estas personas ven afectada su calidad de vida como consecuencia de los fétidos olores que despiden las aguas contaminadas con los desechos del beneficiado de café. Estas aguas se ven fuertemente disminuidas tanto en su capacidad ecológica como en su idoneidad para ser utilizadas para fines agrícolas, pecuarios y de consumo humano en el curso bajo de los ríos.

Este proyecto se enfoca precisamente en buscar una solución a la problemática que crea el procesamiento de café, generando información valiosa para poder afrontar con claridad y certeza el tratamiento de aguas residuales altamente contaminadas por los beneficios de café.

Al final de todo el proceso investigativo se podrá tener costos y beneficios reales de aplicar polímeros y geotubos en el tratamiento de aguas residuales, evitando que existan dudas por parte del productor a la hora de aplicar la metodología en su beneficio cafetalero, situación que ayudara a mejorar en forma sustancial la contaminación de fuentes de aguas cercanas a la ubicación de su beneficio o proyecto.

1.4 OBJETIVOS

1.4.1 Objetivo General

- Evaluar la eficiencia de la Tecnología de Geotubo y Polímeros en el tratamiento de aguas residuales en el beneficio ecológico café Durán ubicado en la provincia de Chiriquí.

1.4.2 Objetivos específicos

1. Determinar el polímero y la dosis óptimo a utilizar, en el tratamiento de las aguas residuales del beneficio de café.
2. Determinar la eficiencia de la dosis del polímero seleccionado a través de la prueba de bolsa.
3. Probar la eficiencia del polímero seleccionado en el sistema de tratamiento con geotubos
4. Realizar pruebas fisicoquímicas de las muestras de agua obtenidas luego de los tratamientos.
5. Determinar el costo de la utilización de polímero + geotubo en el tratamiento de agua miel del beneficio.

1.5 HIPÓTESIS

Hipótesis Nula

Ho: El uso de Polímeros y Geotubos para el tratamiento de aguas residuales no cumple con la norma DGNTI – COPANIT 35- 2000 de calidad ambiental.

Hipótesis alternativa

Ha: El uso de Polímeros y Geotubos para el tratamiento de aguas residuales cumple con la norma DGNTI – COPANIT 35- 2000 de calidad ambiental.

1.6 ALCANCES Y LIMITACIONES DEL ESTUDIO

Con la realización de este estudio se pretende determinar los beneficios de la utilización de polímeros y geotubos en el tratamiento de aguas residuales. Los resultados esperados de este estudio son:

- Determinación de la eficiencia del sistema de tratamiento con respecto a los contaminantes descritos en la norma.
- Determinación de los costos por quintales de café oro tratados con el sistema de polímero + geotubo.

Las principales limitaciones encontradas en la realización de este proyecto están relacionadas con la poca capacitación de los trabajadores con la metodología para la instalación y desarrollo de la investigación.

2. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Generalidades del beneficiado de café

La definición sobre beneficiado de café aceptada por todos los gremios involucrados en este tema se establece que un beneficio de café es un “complejo agroindustrial donde se procesa el fruto del cafeto para obtener el café pergamino seco. Es la planta o plantas en la cual tiene lugar la serie de procesos de transformación del café uva o cereza seca a café pergamino y oro. De la definición misma del concepto podemos concluir que las operaciones inherentes al proceso son: Operación de despulpado y operación de separación del mucílago al pergamino (desmucilaginado).

2.2 Procesamiento del Café

Proceso húmedo: Para procesar por vía húmeda se sigue todo un cuidadoso proceso que se inicia en el tanque de recibo o sifón, para evitar el calentamiento y fermentación de la fruta, y para hacer la primera clasificación por densidad, el café de inferior calidad flota el de mejor calidad se hunde, el café cereza debe beneficiarse dentro de las 24 horas después de la recolección, sino sufre procesos de fermentación que alteran la calidad. (MENCHU, J. F. 1997).

Luego se despulpa y se clasifica, en proceso continuo, con variados tipos de maquinaria. A continuación se elimina el mucílago por medio de la fermentación natural que se acelera a veces con alguna enzima (pectinasa),

o bien por métodos mecánicos, posteriormente se lava con mucha agua y se vuelve a clasificar el café por densidad.

Después de esto, es procesado el café para eliminarle gran cantidad de agua, para luego pasar a las secadoras de secado lento en las cuales el café puede pasar hasta 36 horas secándose, hasta llegar a un 12% de humedad(humedad de equilibrio para ser almacenada sin pérdida de calidad). Después del secado el café se almacena en silos hasta el momento que se va a exportar, en ese momento se le elimina la cascarilla o pergamino, se clasifica nuevamente y se ensaca. (MENCHU, J. F. 1997).

En los países que procesan el café por “vía húmeda”, la recolección es selectiva; es decir, se cosechan sólo los frutos maduros, por lo que es necesario hacer varias pasadas. El café verde se escoge o se separa manual o mecánicamente y es comercializado como tal. Las pequeñas cantidades de café recogidas del suelo, o “juntas” también se procesan separadamente.

Los expertos en la prueba de taza o catación coinciden en que la maduración natural es la que produce la mejor calidad de la bebida. En cambio, los cafés verdes o faltos de maduración, beneficiados por la “vía seca”, dan una taza con sabores indeseables y sin acidez. (MENCHU, J. F. 1997).

En presencia de agua en esta fase se pretende obtener, a partir del fruto, un grano libre de pulga, y con el mucílago debidamente lavado.

A continuación se describen sus principales etapas del beneficiado del café (MENCHU, J. F. 1997).

2.2.1 Recibo de Café

La fruta se mide por su volumen y después se vacía en un tanque con agua, en forma de pirámide invertida, denominado sifón; este permite almacenar, inicialmente, el fruto; reducir la fermentación y hacer una primera selección porque los frutos menos densos y enfermos flotan y se procesan como tercera calidad, mientras que los desarrollados se hunden y producen la primera y segunda. En la actualidad se ha ido popularizando el tipo de tanque cuadrangular para recibir café en fresco, pues su capacidad es mucho mayor.

El café en fruta abandona el sifón por medio de un tubo, luego pasa a un despredador, que impide el avance, en el proceso, de partículas extrañas y pesadas.

2.2.2 Despulpado

El despulpe es la primera operación mecanizada del beneficio húmedo. Consiste en la eliminación de la cubierta externa o pulpa del fruto, dejando al descubierto el grano recubierto con el pergamino. En este trabajo se utilizan máquinas llamadas despulpadoras, que pueden ser de discos o de cilindro.

Recientemente se utiliza la separadora de café verde para este mismo propósito.

En el despulpe, el despulpador de cilindro se alimenta con frutos de café y agua, y estos son presionados contra un pechero metálico. La pulpa abandona el despulpador por la parte de atrás, mientras que los granos lo hacen por la delantera.

Debido a la heterogeneidad del tamaño de los frutos es indispensable hacer ajustes en las despulpadoras, de tal manera que se despulpe la mayor cantidad de café, pero sin dañarlo o picarlo.

2.2.3 Desmucilaginado

El grano de café proveniente del despulpe, independientemente del equipo utilizado, viene desprovisto de epicarpio y parte del mesocarpio. El grano queda cubierto por el endocarpio o pergamino, al cual queda adherida una parte del mesocarpio llamada mucílago o baba.

Como el mucílago es hidróscopico, se constituye en verdadero obstáculo para el secado y la conservación del grano. Para su eliminación se utilizan procedimientos que tiene como base procesos bioquímicos o de fermentación, químicos y mecánicos.

La remoción de mucílago que tiene como base procesos bioquímicos o de fermentación, es la que se conoce como “fermentación natural”. Se basa en

la solubilización del mucílago por descomposición de las materias pécticas del mesocarpio, bajo la influencia de enzimas (pectinasas) y microorganismos (bacterias y hongos).

Este método presenta muchos inconvenientes, por ejemplo, es de duración variable, depende de las condiciones climáticas, de la construcción de pilas (la que es onerosa) y el proceso no es ágil. Por ello, en la actualidad, gran cantidad de beneficios no lo usan.

2.2.4 Lavado y clasificación

El lavado tiene por finalidad separar de los granos de café las mieles o mucílago y, simultáneamente, clasificar los granos por densidad, en agua.

El lavado se efectúa mediante el arrastre de los granos en caños de concreto o metálicos en los cuales las calidades (1a., 2a. y 3a.) se van estratificando por la densidad del grano, de manera tal que la primera va hacia el fondo; la segunda en posición intermedia y, la tercera encima, depositándose en pilas independientes, a criterio del operador del caño.

2.2.5 Fase de Presecado

En esta fase se elimina la humedad del 52 por ciento (base húmeda) que posee el grano lavado, hasta un 10 ó 12 por ciento, para almacenar a granel en silos o ensacado (en sacos) en bodegas, para evitarle daños al grano que afecten posteriormente la bebida.

2.2.6 Secado

La fase de secado se subdivide a su vez en dos etapas, a saber: oreado o presecado. A continuación detalle:

Oreado y presecado

Generalmente el oreado se realiza extendiendo el café en patios expuestos al sol, durante uno o más días. Sin embargo, la tendencia actual es hacia el uso, cada vez más, de presecadoras y oreadoras mecánicas de diferentes diseños.

El proceso se inicia aplicando un determinado flujo de aire caliente a la masa de café; su naturaleza granular permite el paso de aire y la transferencia del calor a la superficie del grano.

El pergamino y la capa exterior del endospermo se calientan primero y, debido al aumento de temperatura, se inicia un período de evaporación rapidísima del agua superficial del grano, la cual es arrastrada por el mismo flujo de aire.

Posterior a la etapa de presecado, caracterizada por una baja temperatura en el grano, sigue un nuevo período de calentamiento del mismo. El secamiento es su etapa inicial, es eficiente y rápido, pero cada vez se va tornando más lento y dificultoso. El factor que limita la velocidad de secado es la resistencia a la difusión del agua, que debe migrar desde el interior del grano hasta la superficie.

Cualquiera que sea el sistema mecánico de secamiento o tipo de secadora elegida, consistirá básicamente de los siguientes componentes: una fuente o generador de calor, llamado horno o calorífero; un ventilador o abanico, para forzar el aire caliente a través del grano; y una estructura columnar o cilíndrica, donde se pone la carga de café a secar. Además, existe normalmente un mecanismo para mantener los granos en movimiento, ya sea por gravedad (secadoras verticales) o por rotación de la propia secadora (guardiolas). Tal agitación permite el intercambio de calor y vapor de agua, garantizando una mayor uniformidad en el secado.

2.2.7 Almacenamiento

Una vez seco el grano, o sea, con un contenido de 10 a 12 por ciento de humedad, puede almacenarse en pergamino o en oro, sin riesgo para su calidad. Este puede almacenarse en sacos, a granel o en silos.

2.3 CONTAMINACIÓN PRODUCIDA POR DESECHOS SÓLIDOS Y LIQUÍDOS EN EL BENEFICIADO DE CAFÉ.

2.3.1 Contaminación producida por el café

En la industria del café solo se utiliza el 9.5 por ciento del peso del fruto fresco en la preparación de la bebida el 90.5 por ciento que en forma de residuo.

La pulpa representa un 41 por ciento del peso del café en fruta. Su contenido de azúcares es elevado. Peso en gramo de la pulpa: 394 y tiene un alto porcentaje de humedad (80-85por ciento) que origina rápidos procesos de

fermentación con olores fuertes y desagradables y también se da proliferación de moscas (Cleves, 1995).

El mucílago se compone principalmente por azúcares reductores y no-reductores, y sustancias pépticas donde la dilución de las mismas ha imposibilitado su uso hasta el momento. Peso en gramo del mucílago 216.

Es normalmente fermentado o desprendido mecánicamente para posibilitar el lavado de la semilla lo que le permite su dilución y obliga al tratamiento. (Cléves,1995).

2.3.2 Residuos contaminantes del beneficio de café

La magnitud del problema de contaminación ambiental generada por el vertido de los desechos provenientes del proceso de beneficiado del café en el ámbito centroamericano, es cada vez más preocupante.

De acuerdo con Cléves (1995) durante la cosecha de café que va de los meses de septiembre a febrero, en el área centroamericana, coincide el procesamiento del café con la época seca, lo que agrava aun más el problema de la contaminación, dado el bajo caudal de los ríos. Según estudios realizados los beneficios de café aportan el 70 por ciento de los contaminantes que ingresan a nuestros ríos cada día, y se estima que en el procesamiento durante 120 días promedio, se generan de 1000 a 3000 litros de aguas residuales por seco de 46 Kg de café.

Según Peicce (1993) y el informe “sello verde” citado por Rodríguez (2000) la contaminación generada por el beneficio de café puede ser considerado como el segundo problema ambiental de América Central, después de la deforestación. En tres meses, el beneficiado en su conjunto contamina más que toda la población de América Central durante el año entero y que según la fuente (Ministry of water Development, Kenya, 1975), la contaminación que se produce al procesar una tonelada de café, es equivalente a la causada por 2000 personas durante un día.

Investigaciones revelan que los beneficios de café pueden dar lugar a contaminación de ríos, lagos o acuíferos. La contaminación de los ríos es la más visible, la más inmediata y la que más afecta a las poblaciones cercanas. Sin embargo, no es necesariamente la más grave. Si las aguas mieles generadas en el procesamiento de café infiltran aguas subterráneas, éstas permanezcan contaminadas por más cien años, ya que la capacidad de autodepuración de las aguas subterráneas es nula a escala de una generación. (Jeannot, 2002).

Jeannot, (2002), tratando el problema en Panamá confirma que fuera de plaguicidas agrícolas, los residuos de ingenios azucareros, los beneficios de café y mataderos particularmente en las provincias de Chiriquí y Coclé representan las principales fuentes de contaminación; aunque la ley exige que todas las empresas posean un sistema de tratamientos de aguas residuales, pocas son las instalaciones que la poseen o que trabajan eficientemente.

Sostienen Cleves,(1995) en la misma línea que el autor anterior que ocurren mayor contaminación en la provincia de Chiriquí donde se encuentran ubicados la mayoría de los beneficios de café.

Según Peicce (1993), del fruto del café aproximadamente el 19% termina siendo grano, el resto constituye residuos potencialmente contaminantes al medio ambiente si no se procesa adecuadamente.

Los residuos se generan del proceso de beneficio de café en dos formas:

Sólidos: Constituidos por la pulpa (broza).

Líquidos: Formados por solubles o suspendidas en el agua del proceso (aguas mieles).

La pulpa es sin lugar a dudas el desecho del beneficiado de café de mayor poder contaminante. Cléves (1995) nos señala que los montones de pulpa húmeda originan los más complejos problemas para su manejo. Se establece que la pulpa del café que se genera en grandes proporciones (2.2 Kg. De pulpa por cada Kg de café).y es muy voluminosa (2 m³ por tonelada métrica de pulpa) puede perder hasta un 26% de su peso seco mientras es transportado fuera del beneficio. Esta pérdida de peso se convierte en un factor que agrava aun más la situación alarmante de contaminación ambiental por los beneficios de café.

En realidad, los residuos sólidos no representan el problema central de la contaminación por el beneficiado de café. El problema se genera

principalmente por los desechos líquidos o aguas mieles productos del lavado de café fermentado y del despulpado que se vierte en las corrientes de agua.

El café maduro presenta una composición en la cual el grano, que es la parte aprovechable para el proceso, representa el 20% del volumen total de la fruta, de manera tal que, el procesamiento de beneficiado genera un 80% del volumen procesado en calidad de desechos, cada uno en un grado diferente constituyendo un riesgo para el medio ambiente si no se reutiliza de una manera inteligente para otros propósitos utilizando los principios de producción más limpia. Existen dos tipos de proceso de beneficiado: seco y húmedo (Pujol, et al., 2001).

El aporte de contaminantes generados en el proceso de beneficio de café según ATF, S.A. (ver anexo) la contaminación potencial originada por los subproductos del beneficiado de café utilizando para procesar el café por vía húmeda y asumiendo que por cada saco de 46 Kg de café procesado, se generan 28.5 Kgs. De DQO de contaminantes, lo cual se da en un periodo de 4 meses y que de acuerdo a las características de las aguas mieles de café DQO/DBO es igual a 1.5 y que una persona genera diariamente en desechos un total de 300 mg de DBO₅,¹₅.

Brown (2001), señala que la pulpa y el mucílago contenidos en un (1) Kg. De café uva pueden retirarle el oxígeno a 7.4 m³ de agua pura, eliminado de esta forma sus propiedades como vital líquido; al punto de vistas de Peicce

(1993), cada taza de café que consumimos representa el vertido al río de un (1) litro de agua contaminada.

2.4 SISTEMA DE TRATAMIENTO DE LOS RESIDUOS LIQUÍDOS Y SÓLIDOS

Se conoce como sistematizaciones unitarias aquellos métodos de tratamiento en los que predominan los fenómenos físicos, mientras que aquellos métodos en los que la eliminación de los contaminantes se realiza en base a procesos químicos y biológicos se conocen como procesos unitarios se agrupan entre sí para constituir los llamados así tratamientos primario, secundario y terciario (o tratamiento avanzado).

2.4.1 Tratamiento Físico

“En el tratamiento primario se elimina una fracción de los sólidos en suspensión y de la materia orgánica del agua residual. Esta eliminación suele llevarse a cabo mediante operaciones físicas tales como el tamizado y la sedimentación el efluente del tratamiento primario suele contener una cantidad considerable de materia orgánica y una DBO alta”. (Metcalf & Eddy, III edición).

2.4.2 Tratamiento Biológico

El tratamiento secundario de las aguas esta principalmente encaminado a la eliminación de los sólidos en suspensión y de los compuestos orgánicos biodegradables, sin embargo a menudo se contiene la desafección como parte del tratamiento secundario. Se define el tratamiento secundario

convencional como la combinación de diferentes procesos corrientemente empleados para la eliminación de estos componentes, e incluye el tratamiento biológico con fangos activados, reactores de lecho fijo, los sistemas de lagunaje y la sedimentación. .(Metcalf & Eddy, III edición)

2.4.3 Tratamiento Químico

Tratamiento avanzado el nivel de tratamiento imprescindible, más allá del tratamiento secundario convencional, para la eliminación de constituyentes de las aguas residuales que merecen especial atención, como los nutrientes, los compuestos tóxicos y los excesos de materia orgánica o de sólidos en suspensión. Además de los procesos de eliminación de nutrientes, otros procesos u operaciones unitarias habitualmente utilizadas en los tratamientos evolucionados son la coagulación química, floculación, y sedimentación seguida de filtración y carbono activado. Para la eliminación de iones específicos y para la reducción de sólidos disueltos, se emplean métodos menos comunes, como el intercambio iónico o la ósmosis inversa. .(Metcalf & Eddy, III edición)

2.5 PLANTA PROCESADORA CAFÉ DURÁN

Ubicación: Río Colorado-Bugaba, Provincia de Chiriquí. Esta finca de Café Duran es de 300 Ha. En la cual se procesa café (desmucilaginado, despulpado, secado y pilado). Las variedades de café que procesa la finca son Caturra, Catoai, Típica o Criollo.

Café Duran es una empresa conciente de la realidad ambiental mundial debido a que en los últimos años ha realizado inversiones grandes dirigidas a minimizar el uso y contaminación del agua con la implementación de tecnología viable. Para tal efecto se invirtió en un beneficio ecológico de flujo continuo que disminuyó el uso de agua de 80 m³ en el beneficio húmedo a 20 m³ con la tecnología actual y con el fin de cumplir con las normas ambientales del país.

Es el primer beneficio en disponer de un sistema completo de tratamiento de aguas residuales establecidas por la ANAM

Tipo de beneficio

Es un beneficio ecológico Semi-húmedo de flujo continuo.

Descripción del sistema de tratamiento de sus aguas mieles utilizado en el Beneficio antes de la implementación de la tecnología de geotubos más polímeros.

Posee un sistema de tratamiento que incluye canales, bombeo, separadores, filtros, dosificador de polímeros, tinas de sedimentación que ya no se utilizarán, puesto que ahora implementarán geotubos. El efluente final será descargado al río Colorado.

2.5.1 Sistema húmedo de flujo continuo utilizado por café Durán para tratar sus aguas mieles antes del sistema propuesto

1. **Área Húmeda:** se recibe el café en cereza, luego se procede el traslado de la cereza por medio de bombas, hacia sifones clasificadores por densidad.
2. **Separadores de agua:** el café se separa el maduro del verde por densidad y se separa residuos orgánicos e inorgánicos.
3. **Separador de verdes:** separa la fruta verde de los maduros.
4. **Cribas Clasificadoras:** separa el café en primera, segunda y tercera categoría.
5. **Desmucilagadoras mecánicas:** sistema mecánico de flujo ascendente para desprender el mucílago del grano mediante fricción.
6. **Sistema de Bombeo:** se utiliza para clasificar el café en un canal de cuellos de gansos, el cual es un clasificador por densidad del grano lavado.
7. **Silos Escurridores:** escurren el agua que lleva el grano de café.

El agua se recircula, en el proceso que se describe anteriormente.

En el siguiente proceso el grano del café se procesa un sistema para secado del grano.
8. **Sistema de Oleadoras:** en este proceso se elimina el agua superficial del grano del 50 por ciento de humedad que lleva el café a un 45 por ciento de humedad.
9. **Pre-secadoras Columnares:** bajan el café de 45% de humedad a 30por ciento de humedad.

10. Secadoras Rotativas tipo Guardiola: estas bajan el café de del 30 por ciento de humedad a un 11por ciento de humedad.

11. Silos de Almacenamiento: en este proceso se almacena el café en pergaminos secos al 11por ciento de humedad, luego de eso se espera 1 mes de reposo mínimo y se procede a pilar.

12. Área de Pilado: piladora, clasificadora neumática, clasificadora de tamaño, clasificadora por densidad, si se requiere luego se pasa por una clasificadora por color; para ir a el área de ensaque.

2.5.2 Tratamiento aplicable (propuesto) en el Beneficio de café Duran

En el Beneficio café Durán, utilizaremos el tratamiento con Polímeros y Geotubos.

Pasos a seguir en la implementación de la nueva tecnología en campo:

1. Realizar una visita en la cual se especificará
 - Tipo de agua a tratar
 - Análisis del sistema de producción y recomendaciones a realizar
 - Diseñar el sistema a proponer y discutirlo con los dueños, es importante que el sistema elimine los sólidos groseros o partículas grandes ya que tienden a tapar al geotubo y aumentan los tiempos de filtración.

2. Construya la cama de piedra, según plano anexado para un Geotubo de 30 X 50, o el tamaño que esté utilizando, para esto es importante lo siguiente:
 - Hacer una visita de inspección

➤Que la construcción este de acuerdo con el plano anexo.

3. Importante que el piso tenga una inclinación del 1% hacia donde se quiera llevar el agua.
4. Ponga el plástico en el piso, este debe estar bien nivelado, cúbralo con piedra picada de $\frac{3}{4}$ de tamaño, esta debe estar nivelada en su parte superior.
5. Hacia donde va a caer el agua construya un canal de aproximadamente un pie de ancho, en el cual le incrusta piedra en el momento de hacer el piso, a una distancia que aproximadamente de 10 pulgadas entra ellas, para oxigenar el agua.
6. Este canal debe terminar en forma de cascada o escalera.
7. Previo análisis del agua al final del sistema (de la cascada) se determinara si hay que estabilizar el agua según la norma.
8. Importante al Geotubo no se le pueden introducir partículas grandes, el esta diseñado para trabajar con sólidos floculados, este punto es importante porque de taparse se pierde la garantía.

9. El sistema tiene que estar diseñado para atrapar los sólidos antes de llegar al tanque de homogenización.

10. El geotubo hay que anclarlo de todos los lados ya que de no hacerlo se puede voltear, ya que cuando el agua floculada cae dentro de él ejerce una presión en su interior y de no estar anclado fuertemente se puede voltear, esto es importante realizarlo antes de depositar agua dentro de el Geotubo.

11. La duración del Geotubo esta directamente relacionada con la cantidad de sólidos que lleva el material a tratar, por eso es sumamente importante que se le quite la mayor cantidad de sólidos antes de que al agua miel a tratar entre al tanque de homogenización o de tratamiento con polímeros. Es importante mencionar que esta fase I de tratamiento, en los beneficios se utilizan diferentes métodos tales como:
 - Filtros
 - Decantadores
 - Florentinos
 - Filtros mayas

Todos estos tratamientos son con la finalidad de que el material a tratar, tenga menos sólidos y los requerimientos de polímero sean menor.

12. La cantidad de agua en el sistema juega un papel importante en el requerimiento de polímero, ya que a mayor cantidad de agua, mayor cantidad de polímero y el costo del sistema aumenta. Es de suma importancia que el consumo del agua sea el menor posible para evitar consumos excesivos de polímeros.

13. El polímero a utilizar es el SAT 2626-07-PA, este polímero tiene que prepararse con 30 minutos como mínimo de anticipación antes de su uso y este debe estar bien mezclado. Para esto se utiliza un taladro con una especie de mezclador batidor para que al momento de la mezcla este crea una turbulencia en su interior y el polímero es depositado en el medio de la turbulencia y de esta forma este se mezcla de forma correcta. Importante no se deben formar grumos de color blanco en el interior del tanque, ya que esto significa que el polímero se ha coagulado y no se ha homogenizado de forma correcta con el agua.

14. Al momento de mezclar el polímero con el agua miel a tratar, esta debe ser de forma tal que la cantidad de polímero a utilizar sea la necesaria para formar un coágulo o flóculos grandes que sean atrapados en el interior del geotubo.

15. En la mayoría de los beneficios se instala un tanque de homogenización de tal forma que la cantidad de agua miel a tratar se

conoce y es fácil conocer la cantidad de polímero a utilizar y se realiza un solo tratamiento.

16. En el caso de instalar un sistema de tratamiento continuo y se utilice un tanque plástico para dosificar el polímero, hay que tener mucho cuidado que no se tape la llave de salida e impida que el polímero se dosifique correctamente. (Manual de procedimientos e instalación de la tecnología geotubos + polímetros, SAT).

FIGURA N° 1. SISTEMA DE BENEFICIADO DE CAFÉ.

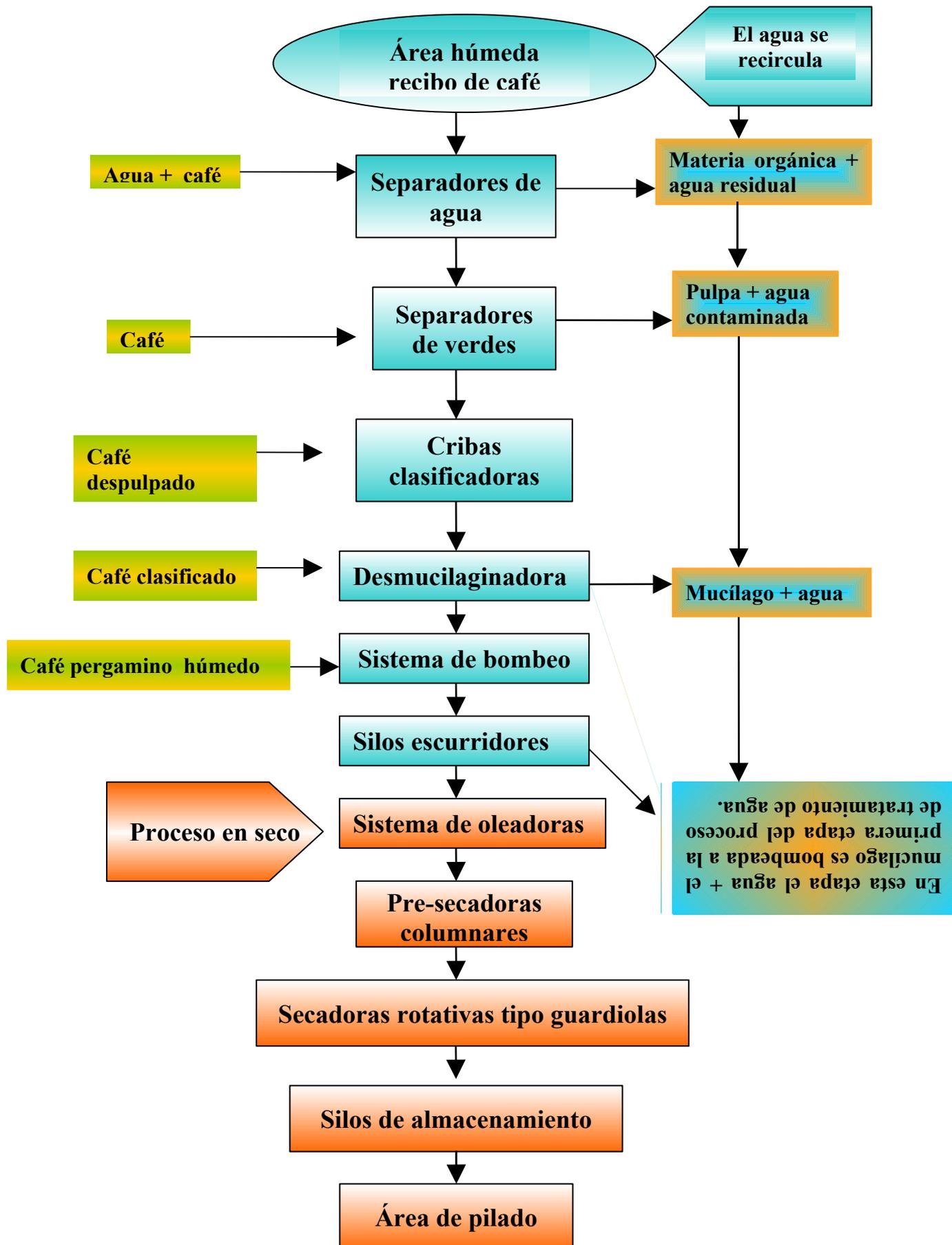
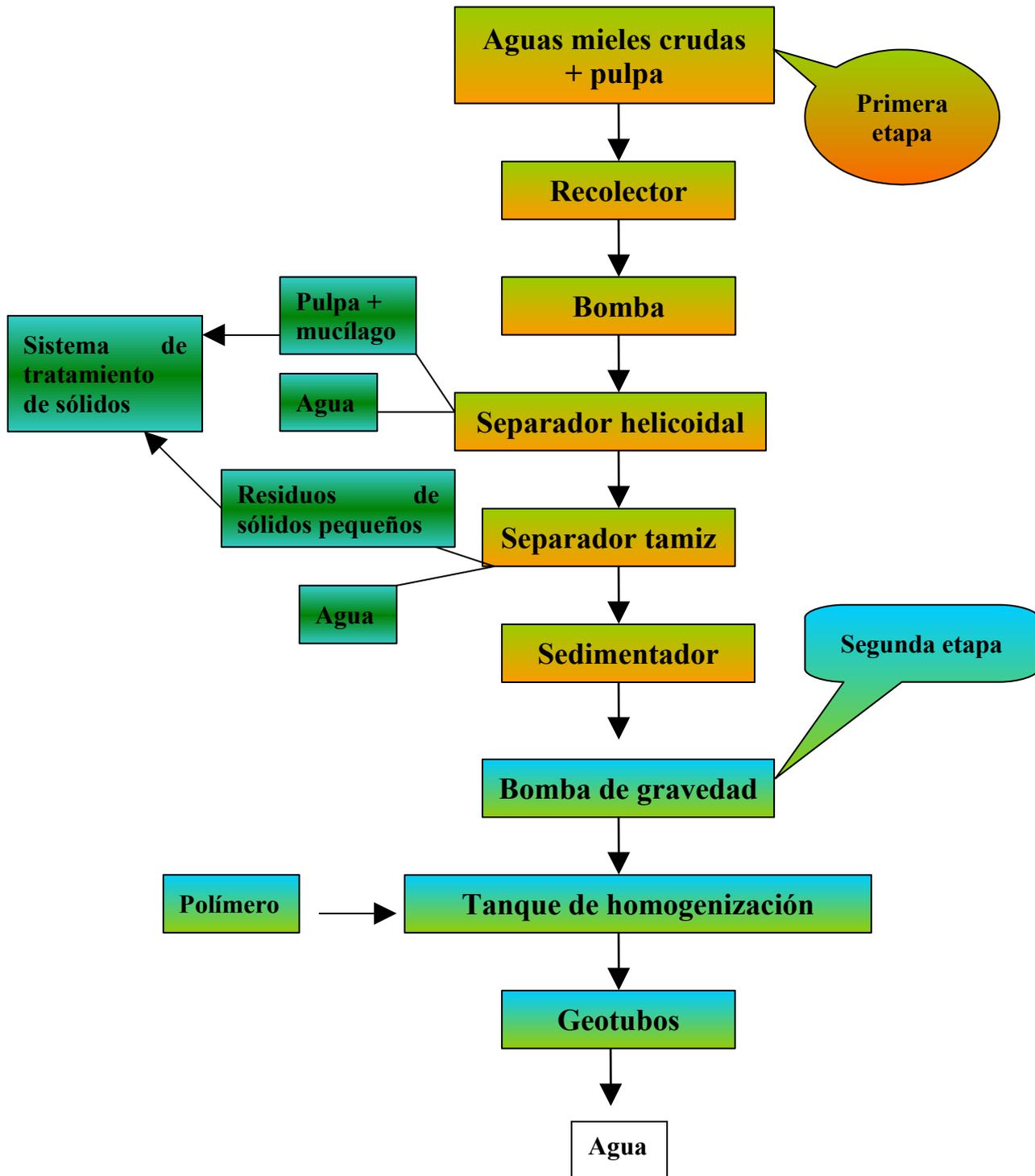


FIGURA N° 2. DIAGRAMA DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS MIELES DEL BENEFICIAO DE CAFÉ DURÁN.



Fuente. Cubilla Batista, Y., 2008.

2.6 TECNOLOGÍAS DE POLÍMEROS + GEOTUBO

2.6.1 Polímeros

Los polímeros, son macromoléculas originadas por los enlaces químicos de múltiples unidades básicas llamadas monómeros, se caracterizan por sus propiedades mecánicas y térmicas, así como de viscosidad, es decir, resistencia de un fluido a moverse, que los diferencia de cualquier otro material molecular. (Manual de procedimientos e instalación de la tecnología geotubos + polímeros, SAT).

El tratamiento de aguas residuales con materiales poliméricos con el que se puede recuperar gran parte de las partículas suspendidas en aguas altamente contaminadas y que está considerado una de las herramientas del futuro para atender los elevados niveles de contaminación del agua. También se está desarrollando en el caso de los polímeros naturales, una fuente de material biodegradable, soluble en agua y que no representa riesgo para los ecosistemas. (Manual de procedimientos e instalación de la tecnología geotubos + polímeros, SAT).

2.6.2 Funcionamiento de los geotubos

Un geotubo es un tubo fabricado con un geotextil permeable al agua pero impermeable al paso del material sólido, llenado con arena, material de drenaje o material contaminante; el geotubo tiene orificios de entrada y salida a lo largo del mismo.

Entre las aplicaciones que tienen los geotubos se encuentran el tratamiento de lodos de aguas superficiales, también para el secado y confinamiento de lodo. También, el geotubo son usado para protección y control de erosión costera y rivera, núcleos para estructuras marinas como de dunas de arena. (Manual de procedimientos e instalación de la tecnología geotubos + polímeros, SAT).

2.6.2.1 Confinamiento

Utilizando geotextiles permeables de alta resistencia con propiedades únicas de diseños para la retención, se fabrican geocontenedores, los cuales pueden ser llenados con sedimentos de grano finos, con sedimentos o materiales de descarga de dragados. El tejido único y la fabricación del geotextil crean poros pequeños, conteniendo los granos finos del material confinado. (Manual de procedimientos e instalación de la tecnología geotubos + polímeros, SAT).

2.6.2.2 Drenaje

El exceso de agua drena fuera del geocontenedor a través de los poros pequeños del geotextil, resultando en un drenaje efectivo y una reducción del volumen del material contenido. Esta reducción de volumen permite que el geocontenedor sea llenando varias veces; en muchos casos, el agua decantada es una calidad tal que puede volver a corrientes naturales o ser reutilizada. (Manual de procedimientos e instalación de la tecnología geotubos + polímeros, SAT).

2.6.2.3 Consolidación

Después del ciclo final de llenado y drenaje, los materiales finos contenidos pueden continuar su consolidación por desecación, pues el vapor de agua residual sale a través del geotextil. Esto resulta en un mayor ahorro económico, de espacio y tiempo para la disposición de residuos.

Dentro de sus ventajas están:

- Confinamiento efectivo de grandes volúmenes de residuos.
- Drenado efectivo de grandes volúmenes de agua contaminada.
- Reducción en los costos de disposición de residuos.
- Reducción en el consumo de combustibles en el proceso.
- Reducción en los costos globales de la operación.

2.7 NORMAS AMBIENTALES EN PANAMÁ

Las normas de calidad del agua son conjuntos de limitaciones, tanto cuantitativos como cualitativos, establecidas para mantener o mejorar la calidad de los cuerpos de agua receptores. (Metcalf & Eddy, III edición).

Actualmente en Panamá existen normas ambientales que regulan los vertidos de efluentes líquidos a los cuerpos de aguas superficiales y subterráneas, sin embargo existe una deficiencia en estudios de investigación que puedan validar tecnologías extranjeras o nacionales para el tratamiento de aguas residuales contaminadas (Miranda, 2006). Para el sector cafetalero resulta claro que su actividad tiene un impacto ambiental altamente negativo a causa de su sistema productivo.

2.7.1 Legislación ambiental

2.7.1.1 Contaminación ambiental

Ley 41 de 1998, Ley General del Ambiente.

Artículo 80. Se podrán realizar actividades que varíen el régimen, la naturaleza o la calidad de las aguas, o que alteren los cauces, con la autorización de la Autoridad Nacional del Ambiente, en concordancia con lo señalado en el artículo 23 de la presente Ley.

Artículo 81. El agua es un bien de dominio público en todos sus estados. Su conservación y uso es de interés social. Sus usos se encuentran condicionados a la disponibilidad del recurso y a las necesidades reales del objeto a que se destinan.

Artículo 82. Los usuarios que aprovechen los recursos hídricos, están obligados a realizar las obras necesarias para su conservación, de conformidad con el Plan de Manejo Ambiental y el contrato de concesión respectivo.

Artículo 83. La Autoridad Nacional de Ambiente creará programas especiales de manejo de cuencas, en las que, por el nivel de deterioro o por la conservación estratégica, se justifique un manejo descentralizado de sus recursos hídricos, por las autoridades locales y usuarios.

Artículo 84. La administración, uso, mantenimiento y conservación del recurso hídrico de la cuenca hidrográfica del Canal de Panamá, los realizará la Autoridad del Canal de Panamá, en coordinación con la Autoridad Nacional

del Ambiente, en base a las estrategias, políticas y programas, relacionados con el manejo sostenible de los recursos naturales en dicha cuenca.

Ley 5 del 2005, que dicta las directrices y sanciones sobre Delito Ecológico en el país.

Artículo 396. Quien sin la autorización de la autoridad competente, almacene, maneje, genere, emita, deposite, comercialice, transporte, vierta o disponga desechos o residuos sólidos, líquidos o gaseosos que sean tóxicos o peligrosos, o materiales radiactivos, sin cumplir con las Normas aplicables al efecto, será sancionado con prisión de 20 a 36 meses, y con 75 a 150 días-multa.

Las penas se aumentarán de una tercera parte a la mitad cuando dichos residuos o desechos:

1. Ocasionen enfermedades contagiosas que constituyan un peligro para las personas y las especies de vida silvestre.
2. Sean cancerígenos o alteren la genética de las personas.
3. Ocasionen riesgos de explosión, o sean inflamables o sustancialmente radioactivos.
4. Puedan perjudicar las aguas, la atmósfera o el suelo, o pongan en peligro grave la vida silvestre, por su clase, cantidad o calidad.

Los reglamentos técnicos de la dirección general de normas y tecnologías industrial del ministerio de comercio e industrias de Panamá, (DGNTI – COPANIT 35 – 200 y DGNTI – COPANIT 39 – 2000) aprobados mediante resolución No 351 del 26 de julio de 2000 y resolución No350 del 26 de julio

de 2000 respectivamente presentan las disposiciones sobre descarga de efluentes líquidos directamente a cuerpos y masas de agua superficiales, subterráneas y descarga de efluentes líquidos directamente a sistemas de recolección de aguas residuales (Jeanot, Joseph).

En uso de sus facultades legales considerando:

Que conforme al Código Sanitario vigente, en su artículo 205, prohíbe descargar directa o indirectamente los desagües de aguas usadas, sean de alcantarillas o de fabricas y otros, en ríos, lagos, acequias o cualquier curso de agua que sirva o pueda servir de abastecimiento para usos domésticos, agrícolas o industriales, para recreación y balnearios públicos, a menos que sean tratadas por métodos que las rinda inocuas, a juicio de la dirección de salud publica.

Resuelve como requisito general:

Queda totalmente prohibido descargar vertidos de efluentes líquidos provenientes de actividades domésticas, comerciales e industriales a cuerpos receptores que no cumplan con los valores máximos permisibles establecidos en la tabla de requisitos del presente reglamento técnico.

Esta resolución Normativa, establece, en su artículo tercero que “los que realicen descargas de aguas residuales provenientes de actividades comerciales, domésticas e industriales, establecidas antes del 10 de agosto de 2000 y que vierten sus efluentes líquidos directamente a cuerpos y masas de aguas superficiales y subterráneas, deben cumplir con los reglamentos

técnicos DGNTI-COPANIT 35-2000 de acuerdo con el cronograma de cumplimiento establecido.

CUADRO I. PARAMETROS SOLICITADOS POR (CIU).

CIU	ACTIVIDAD ECONÓMICA	PARÁMETROS
312101	Elaboración de café y té	pH, temperatura, S.S., S.D., S.T., NTU, AyG, DBO ₅ , DQO, conductividad, C.T., N, P, Ca ²⁺

Fuente. Cubilla Batista, Y. 2008.

Se pueden observar los parámetros solicitados por la norma Clasificación Industrial Internacional Uniforme (CIU) de la Actividad Económica cafetalera

2.7.1.2 Recurso Hídrico

Las leyes y decretos aplicables para el componente agua son:

- Ley 35 de 1966, Ley sobre uso y concesiones de aguas superficiales y subterráneas.
- DGNTI – COPANIT 35- 2000, que norma la descarga de efluentes líquidos directamente a cuerpos y masas de agua superficiales y subterráneas.
- DGNTI – COPANIT 24- 1999, que norma la calidad del agua y reutilización de las aguas residuales tratadas.
- Considerando que en el artículo segundo de los mencionados Reglamentos Técnicos serán establecidos por la Autoridad Nacional del Ambiente, se ha emitido la Resolución Normativa No AG-0026-2002, publicada en la Gaceta oficial No 24490 del 8 de febrero de 2002, por la cual se establecen los cronogramas

de cumplimiento para la caracterización y adecuación a los Reglamentos Técnicos DGNTI-COPANIT 35-2000 y DGNTI-COPANIT 39-2000.

CUADRO II. VALORES MÁXIMOS PERMISIBLES DE LAS DERCARGAS DE EFLUENTES LÍQUIDOS A CUERPO RECEPTORES.

PARÁMETROS	UNIDAD	EXPANSIÓN	LIMITE MÁXIMO PERMITIDO
Aceites y grasas	mg/l	A y G	20
Aluminio	mg/l	Al	5
Arsénico	mg/l	As	0,50
Boro	mg/l	B	0,75
Cadmio	mg/l	Cd	0,01
Calcio	mg/l	Ca	1 000
Cianuro total	mg/l	CN	0,2
Cloro residual	mg/l	Cl	1,5
Cloruros	mg/l	Cl ⁻	400
Cobre	mg/l	Cu	1
Coniformes totales	NMP/100 ml	Coli/100 ml	1 000
Compuestos fenólicos	mg/l	Fenoles	0,5
Cromo hexavalente	mg/l	Cr ⁶⁺	0,05
Cromo total	mg/l	Cr	5
Demanda bioquímica de oxígeno (DBO ₅)	mg/l	DBO ₅	35
Demanda química de oxígeno (DQO)	mg 0 ₂ /l	DQO	100
Detergentes	mg/l		1
Espuma detergente o surfactante	mm	PE	7
Flúor	mg/l	F ⁻	1,5
Fósforo total	mg/l	P	5
Hidrocarburos totales	mg/l		5
Hierro total	mg/l	Fe	5
Manganeso	mg/l	Mn	0,3
Mercaptanos	mg/l		0,02
Mercurio	mg/l	Hg	0,001
Molibdeno	mg/l	Mo	2,5
Níquel	mg/l	Ni	0,2
Nitratos	mg/l	NO ₃ ⁻	6
Nitrógeno orgánico total	mg/l	N	10
Nitrógeno amoniacal	mg/l	NH ₄ ⁺ -N	3
Olor			No perceptible

PARÁMETROS	UNIDAD	EXPANSIÓN	LIMITE MÁXIMO PERMITIDO
Organoclorados	mg/l		1,5
Pentaclorofenol	mg/l	C ₅ Cl ₅ O	0,009
pH	Unidad	pH	5,5 – 9,0
Plomo	mg/l	Pb	0,050
Selenio	mg/l	Se	0,01
Sodio	%	% Na	35
Sólidos sedimentables	mg/l	S.SED.	15
Sólidos suspendidos	mg/l	SS	35
Sólidos totales disueltos	mg/l	S.T.D.	500
Sulfatos	mg/l	SO ₄	1 000
Sulfuros	mg/l	S ₂	1
Temperatura	°C		±3°C de la T.N
Tolueno	mg/l	C ₇ H ₈	0,7
Tricloroetano	mg/l	HC ₂ Cl ₃	0,04
Triclorometano	mg/l	CHCl ₃	0,02
Turbiedad	NTU	NTU	30
Xileno	mg/l	C ₈ H ₁₀	0,05
Zinc	mg/l	Zn	3

Fuente: Reglamentos técnicos DGNTI-COPANIT 35-2000

CUADRO III. CRONOGRAMA DE CUMPLIMIENTO DESCARGAS DE ACTIVIDADES COMERCIALES E INDUSTRIALES.

CARACTERIZACIÓN (FECHA FINAL)	ADECUACIÓN (FECHA FINAL)	CARGA CONTAMINANTE DBO (TON/DÍA)	CARGA DE CONTAMINANTE SS (TON/DÍA)	NATURALEZA DEL RESIDUO (MG/L)
Diciembre de 2002	Julio de 2005	Mayor de 2.0	Mayor de 2.0	Descargas con parámetros no incluidos

				en la tabla III
Julio de 2003	Diciembre de 2005	De 0.2 a 2.0	De 0.2 a 2.0	
Diciembre de 2003	Julio de 2006	Menor de 0.2		

Fuente: Gaceta oficial No 24490 del 8 de febrero de 2002

2.8 La Caficultora en Panamá

“Las primeras referencias del cultivo de café en Panamá datan de 1780, en Portobelo, sin embargo las primeras evidencias de propagación se reportaron en 1834. Desde su introducción a Panamá, el cultivo ha ido en aumento progresivo aunque lento debido a la falta inicial de tecnología apropiada, ya que gran parte de la misma ha sido introducida y adaptada en países de Centro y Sur América.

El estudio de “manejo integral de la pulpa de café y aguas residuales del beneficio en las tierras altas de la provincia de Chiriquí”, se justifica tomando en cuenta que en los últimos años, el cultivo del café se ha intensificado, como resultado del incremento de las áreas de siembra y se esperan aumentos en los rendimientos del grano en un futuro”. (Joseph Jeannot, 2002).

2.8.1 Exportación de café en Panamá

De acuerdo a datos proporcionados por Miranda (1997) del Ministerio de Desarrollo Agropecuario (MIDA), durante el período 1994-1995 habían reportado unas 23 000 ha de café con un rendimiento nacional de 245 500 qq; superficie que ha aumentado a 24 000 ha según Flor (2001). Un 65% de

ese total, se reporta en la provincia de Chiriquí con un rendimiento promedio de 19 qqs/ha.

El café es un producto tradicional de exportación de Panamá. Su alta calidad ha permitido su exportación hacia Europa, principalmente al mercado exigente de Alemania. Desde las décadas del 40 y del 50 se realizaron esporádicas ventas de café al exterior (5 375 qq en 1953-54 y 13 977 qq en 1955-56). De manera sostenida y continua Panamá ha exportado café a partir de 1959-60, cuando vendió 28 682qq por un valor FOB de B/. 1 128 752.00. En 1992-93 vendió un volumen de 206 574qq por un valor FOB de B/.12 723 818.23. La Organización de Naciones Unidas para la Agricultura (FAO), reporta exportaciones panameñas para el año 1994-95 de 200 619 qq por un valor de B/.32 400 551.00”.

Según el Ministerio de Comercio e Industrias Panamá exporta en balboas café sin tostar, sin descafeinar 13, 128,231.00; café tostado sin descafeinar 399, 234.00 y café tostado descafeinado 5,253.00 en el año 2006 (cifras preliminares, Contraloría General de la República) Ver cuadro Anexo.

La contraloría General de la Republica ha recolectados datos en el año 2007 de exportación de Panamá a países de diversos continentes. Ver anexo.

3. MATERIALES Y METODOS

3.1 Ubicación del área de estudio

El beneficio lleva por nombre Cafetalera S.A, ubicado en la provincia de Chiriquí, Río colorado-Bugaba, cuyo propietario es Café Durán, se encuentra

a una elevación de 1235 m.s.n.m. con coordenadas de UTM Este: 0311201 y coordenada UTM Norte: 0976738.

3.2 Materiales

Para el desarrollo del presente proyecto, se utilizarán para los trabajos de campo y oficina los siguientes equipos:

Equipos

- Jard Test para la determinación óptima del polímero.
- Turbidímetro
- Equipo para la determinación del DQO, sólidos totales y solubles.
- pHímetro
- GPS

Materiales

- Envases plásticos para la recolección de muestras de aguas.
- Vasos químicos, pipetas
- Geotubo

Reactivos

- Polímeros

3.3 Métodos

Este estudio estará dividido en cuatro etapas:

- I. Prueba de Jard Test.
- II. Prueba de bolsa colgante.
- III. Instalación del sistema en campo.
- IV. Prueba de laboratorio.

Además se estudiarán los costos de la implementación del sistema.

3.3.1 Prueba de Jard Test

Se colocó en una serie de vasos químicos que contienen el agua miel, dentro de los cuales giran paletas especiales a velocidad controlable.

Se realizaron cuatro concentraciones de coagulante (polímero) aplicado para un tiempo determinado de agitación, después de diez o quince minutos de haber dejado en reposo el agua tratada, en los vasos se determinaba la mejor dosis de polímero que corresponde a la mejor floculación y un cambio de color del agua casi transparente.

El polímero seleccionado se trabajó por m^3 de agua miel a tratar. Y se basaron en criterios de tiempo de floculación, tamaño de floculo y color del agua como se muestra en el cuadro IV, V.

CUADRO IV. DEFINICIÓN DE INDICADORES PARA EL COLOR DEL AGUA

COLOR	INDICADOR	NUMERACIÓN
-------	-----------	------------

	Malo	1
	Regular	2
	Bueno	3

Fuente. Cubilla Batista, Y. 2008.

CUADRO V. TIEMPO DE FLOCULACIÓN DE POLIMEROS.

POLIMERO	DOSIS (cc)	TIEMPO DE FLOCULACIÓN	INDICADOR
----------	------------	-----------------------	-----------

P-592-1%	2,5	No	No hubo flóculos
	5	No	No hubo flóculos
	10 + cloruro ferrico	No	No hubo flóculos
	15	No	No hubo flóculos
P-4814-1%	10	10 minutos	Flóculos pequeños
P-2081-1%	5	No	No hubo flóculos
	15 + cloruro ferrico	No	No hubo flóculos
P-592-1%	5 + 5 sulfato de aluminio	10 minutos	Flóculos pequeños
	10 + 10 sulfato de aluminio	10 minutos	Flóculos pequeños
	15 +15 sulfato de aluminio	10 minutos	Flóculos pequeños
P-492-1%	15	10 segundo	Flóculos grandes

Fuente. Cubilla Batista, Y. 2008.

3.3.2 Prueba de bolsa

Se procedió a poner en posición vertical el geotubo con una medida de cuatro (4) pies de circunferencia por ocho (8) pies de largo. Para la realización de la prueba se necesita que la parte final de la bolsa este a un (1) pie del suelo, seguidamente se dosifico con 2.99 gramos del P-492 los diez (10) tanques de cinco (5) galones. Se introduce cada tanque con el agua miel flucolado por la abertura de la parte superior del geotubo, luego de haber colocado el ultimo tanque se espero 15 minutos y se tomo la muestra de agua, la cual corrobora los datos obtenidos en la prueba de Jard Test; en el interior de la geobolsa quedo todo el material floculado y la coloración del agua resultante fue muy transparente.

3.3.3 Instalación del sistema

Una vez cumplidas las exigencias ambientales, se procedió a instalar el geotubo en la industria; es importante mencionar que el sistema de tratamiento de aguas residuales en la industria se debe adecuar para que sea compatible con el geotubo.

Cuando se logre cumplir con la instalación adecuada del sistema completo (aplicación del polímero más geotubo), se realizarán pruebas a flujo continuo para ver el nivel de eficiencia del polímero en la coagulación de la materia orgánica y realizar los ajustes necesarios para el cumplimiento de las normas ambientales.

3.3.4 Pruebas de laboratorio

Los análisis solicitados fueron pruebas fisicoquímicos y bacteriológicos, de acuerdo a los procedimientos del “Estándar Methods for the Examination of water and Wastewater” 21st. Edition, 2005. AWWA-WEF-APHA, estos análisis fueron realizados del 28 de Febrero al 7 de Marzo.

El personal del laboratorio fue llevado al área donde se iban a recolectar las muestras y realizaron todos los protocolos de toma de muestras.

Se analizaron tres tipos de muestras (ver anexo) en el beneficio Café Durán:

- M1, que es la muestra de agua miel cruda sin tratamiento

- M2 antes del tanque de homogenización. El agua miel pasa por un filtro helicoidal, un filtro maya, de allí pasa a una fosa de

sedimentación y luego pasa al tanque de homogenización, lugar donde se tomo la muestra de agua miel.

- M3 segundo geotubo, una ves el agua llega al tanque de homogenización, se realiza el tratamiento con coloides y por gravedad el material floculado va hacia los geotubos que se encuentran en serie. Del segundo geotubo fue tomada la muestra

3.3.5 Análisis financieros

Se analizaron los costos de la utilización del polímero por: m³, gramos, lbs, galón, un día y días de campaña de agua miel tratada.

De igual forma se analizaron los costo del geotubos se realizo por unidad que se utilizaron dos (2) y los años de utilidad que son cinco (5) años.

También se analizo el costo total del sistema por qq de café oro producidos por campaña.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

PRUEBA DE JARD TEST

En el caso de la dosis de 2,5cc P-592-1% + 2,5cc de sulfato de aluminio fue la segunda mejor combinación que dio como resultado una floculación pequeña pero el color amarillo del agua persistía.

El mejor resultado se obtuvo con el P-492-1% con una dosis de 15cc en donde se obtuvo una mejor floculación y color transparente del agua como se observa en el cuadro IV.

CUADRO VI. DETERMINACIÓN DE LA DOSIS DE POLÍMERO A UTILIZAR PARA LA COAGULACIÓN DE LA MATERIA ORGÁNICA SEGÚN LA PRUEBA DE JARD TEST.

POLIMERO	DOSIS (cc)	COLOR	TIEMPO DE FLOCULACIÓN
P-592-1%	2,5	1	No
	5	1	No
	10 + cloruro ferrico	1	No
	15	1	No
P-4814-1%	10	1	10 minutos/ flóculos pequeños
P-2081-1%	5	1	No
	15 + cloruro ferrico	1	No
P-592-1%	2,5 + 2,5 sulfato de aluminio	2	10 minutos/ flóculos pequeños
	10 + 10 sulfato de aluminio	2	10 minutos/ flóculos pequeños
	15 + 15 sulfato de aluminio	2	10 minutos/ flóculos pequeños
P-492-1%	15	1	10 segundo/ flóculos grandes

Fuente. Cubilla Batista, Y. 2008

PRUEBA DE BOLSA

En la prueba de bolsa se comprobó que el P-492-1% daba una floculación buena ya que los flóculos eran grandes y se quedaban retenidos dentro de la bolsa colgante y el agua filtrada era de color transparente como se observa en el cuadro VII.

CUADRO VII. PRUEBA DE BOLSA.

POLIMERO	FLOCULACIÓN DEL AGUA	COLOR
P-492-1%		<p>3</p> 

Fuente. Cubilla Batista, Y. 2008.

INSTALACIÓN DEL SISTEMA

Se demostró que el sistema trabaja eficientemente con el polímero P-492-1% ya que en la prueba de bolsa se comprobó que la geobolsa atrapaba los flóculos y dejaba salir el agua con una buena coloración transparente. Al implementar el sistema en campo se demostró que la tecnología funciona como se observa en el siguiente cuadro.

CUADRO VIII. INSTALACIÓN DEL SISTEMA

POLIMERO	TIEMPO DE FLOCULACIÓN	COLOR
P-492-1%	10 segundos 	3 

Fuente. Cubilla Batista, Y. 2008.

PRUEBAS DE LABORATORIO

En el cuadro IX se observan los resultados del análisis fisicoquímico bacteriológico realizado por el laboratorio de LASEF de la Universidad Autónoma de Chiriquí. En los resultados de los parámetros analizados en café Durán se demostró que la tecnología de polímero + geotubos redujo significativamente los parámetros de un 100% a un 90%.

CUADRO IX. ANALISIS DE AGUA MIEL CRUDA Y LOS TRATAMEINTO DE AGUAS RESIDUALES

PARAMETROS	M1	M2	M3	NORMA	UNIDAD
Aceites y Grasas	64,0	27,0	14,0	20,0	Mg/l
Coliformes totales	incontables	5000	300	1000	UFC /100ml
Conductividad	1820,0	331,0	255	No reportado	uS/cm
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO₅)	4070,0	978,0	648,5	100	Mg/l
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	31950,0	2023,0	1390,0	100	Mg/l
DQO/DBO₅	7,85	2,07	2,14	No reportado	-----
pH	4,56	5,28	4,36	5,5-9,0	Unidades en pH
Sólidos disueltos totales	912,0	159,9	122,0	500	Mg/l
Sólidos suspendidos	700,0	216,0	68,0	35	Mg/l
Sólidos totales	17404,0	1342,7	856,0	No reportado	Mg/l
Temperatura	16,8	17,7	18,3	+3°C de la T.N.	°C
Turbiedad	643,0	261,0	73,91	30	NTU

Fuente. Cubilla Batista, Y. 2008.

ANÁLISIS FINANCIERO

En el cuadro X, XI se puede observar las inversiones relevantes en que incurrió el Beneficio Café Duran, para instalar el sistema de geotubo + polímero. Toda la infraestructura estaba construida y el beneficio ya tenía instalado el filtro helicoidal, el filtro malla, el sedimentador y el patio donde se colocó los geotubos ya estaba construido,.

1000 qq/día de café oro X 150 días de campaña = 150000.00

$5,611.26 / 150000.00 = 0.037$ → Costo por qq de café oro procesado por el sistema de tratamiento con polímeros + geotubos.

CUADRO X. COSTOS DE LA UTILIZACIÓN DE POLÍMEROS.

Nº	ESPECIFICACIONES	TOTAL	B/.
1	Volumen de aguas mieles a tratar por día en metros cúbicos	25	
2	Días de campaña	150	
3	Cantidad de polímero 492 en libras para tratar 25m ³ de aguas mieles	7	
4	Cantidad de polímero en libras para toda la campaña	1050	
5	Sacos de 55 lbs de polímero por campaña	19.09	
6	Costo del polímero 492 por bolsa de 55 libras		294.00
7	Costo de 1 libra de polímero		5.35
8	Costo de un gramo de polímero		0.012
9	Costo por día		37.42
10	Costo por metro cúbico		1.50
11	Costo por galón de agua miel tratada		0.005665

Fuente: Sandoya, Gerardo. 2008.

CUADRO XI. COSTO DE LA TECNOLOGIA.

TECNOLOGIA	COSTOS POR CAMPAÑA EN \$
Geotubo	25.26
Polímero	5,586.00
Tratamiento	5,611.26

Fuente. Cubilla Batista, Y., 2008.

CONCLUSIONES

Al culminar este estudio, presentamos las siguientes conclusiones:

- Los resultados de las investigaciones demostraron que el polímero P-492-1% a una dosis de 15 cc fue el que presentó el mejor resultado en la formación de flóculos en las aguas mieles del Beneficiado Café Durán.
- El tamaño de los flóculos obtenidos con el polímero P-492-1% fueron lo suficientemente grandes para permitir ser retenidos en la geobolsa lo cual contribuye un factor positivo para la ejecución del sistema.
- El agua filtrada por el geotubo era transparente lo cual evidenciaba la eficiencia del geotubo.
- Los análisis de laboratorio muestran que el sistema de polímero + geotubo disminuyó los parámetros de aguas mieles sin tratar de un 100% a un 90% las aguas mieles tratadas.
- La tecnología utilizada tiene un costo de 0.037 centavos por qq de café oro.

RECOMENDACIONES

Al concluir el presente estudio, recomendamos:

- Los resultados permiten recomendar este estudio a otros beneficios industriales menos contaminantes ya que contribuye a la disminución de contaminación.
- Hacer un sistema de aireación de las aguas que salen del geotubos para ayudar a cumplir con la norma.
- El agua tratada puede utilizarse para irrigación de áreas verdes.

REFERENCIAS CITADAS

1. Agropecuario. Trabajo de Graduación para optar por el título de Ingeniero en Desarrollo Agropecuario.
2. ANAM. 2005. Primer Informe de Monitoreo de la Calidad del Agua en las Cuencas Hidrográficas de Panamá, Años 2002-2003.
3. Cárdenas, Cenobio. 2001. Caracterización de las Aguas Residuales del Beneficiado del Café, en los Distritos de Boquete y Renacimiento y sus posibles efectos adversos sobre los cuerpos receptores. Trabajo de graduación presentado a la Universidad Tecnológica de Panamá como requisito para optar por el título de Maestría en Ciencias Ambientales.
4. CATIE, ALACEA. 2006. La valoración de los recursos naturales como base de la producción y el sustento de la vida. Memorias del panel; congreso internacional de economistas agrícolas. 19 de septiembre. Turrialba, Costa Rica
5. CONTRALORÍA GENERAL DE LA REPÚBLICA DE PANAMÁ. 2007. Cifras Preliminares. X Censo agropecuario. Dirección de Estadística y Censo. República de Panamá.
6. Corella, G. 2005. Evaluación de la calidad fisioeconómica y bacteriológica del agua de la subcuenca del río David. Universidad Autónoma de Chiriquí, Escuela de Química. Trabajo de graduación.
7. DIXON, J.A.; SCURA, L.F.; CARPENTER, R.A.; Y OTROS. 1994. Análisis económico de impactos ambientales. Segunda edición. Editorial Latinoamericana S.A. Madrid, España. 115 págs.
8. Ecoforest Ltda. 2006. Documento de Metodología y Programa de Muestreo,
9. Elaboración de la Norma de Emisión de Aguas Residuales de Beneficios de Café.
10. Flor, B. 2001, Crisis Cafetalera. Ecos del Agro. 6 (65).
11. http://es.wikibooks.org/wiki/Ingenier%C3%ADa_de_aguas_residuales/Tratamiento_primario

12. http://es.wikipedia.org/wiki/Planta_de_depuraci%C3%B3n
13. <http://www.monografias.com/trabajos22/aguas-residuales-cafe/aguas-residuales-cafe.shtml>
14. JARDÓN, J. 1995. Energía y Medio ambiente: Una perspectiva económico-social. México D.F., México. Editorial Plaza y Valdés. 258 pág.
15. Joseph, Jeannot. 2002. Tecnologías viables para mitigar la contaminación ambiental causada por desechos líquidos del beneficiado de café en la Provincia de Chiriquí.
16. MEIER, E. Tratamiento de las aguas residuales de los beneficios de café en Costa Rica. ICAFE. Embajada de Suiza. Informe de consultoría. 1998.
17. MENCHU, J. F. 1997. Algunas recomendaciones para mejorar el beneficio de la próxima cosecha. Revista Cafetalera. Guatemala. p. 17-20.
18. Metcalf & Hedí, INC. Ingeniería de aguas residuales de tratamiento vertido y reutilización, III edición. España.
19. Ministerio de Comercio e Industrias. Dirección de Normas y Tecnología Industrial. 2000. Reglamento Técnico DGNTI-COPANIT 35-2000. Agua, descarga de efluentes líquidos directamente a cuerpos y masas de aguas superficiales y subterráneas. Republica de Panamá.
20. Miranda Alexis. 2006. Caracterización de producción de café en Boquete y Renacimiento, provincia de Chiriquí. Universidad de Panamá. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Trabajo de graduación.
21. Orbando A. 2006. Estudio de caracterización de políticas en la cadena del café, grado de promoción de una producción amigable con el ambiente. Managua 2.V.
22. Reglamento Técnico DGNTI-COPANIT 35-2000. Descarga de

- efluentes líquidos directamente a cuerpos y masas de agua superficiales y subterráneas. Panamá.
23. Rodríguez, D. 2004. Programas de tratamiento para las aguas residuales del beneficiado de café. INFOAGRO.
 24. ROMERO, C. 1994. Economía de los recursos ambientales y naturales. Segunda edición. Alianza Editorial S.A. Madrid, España.
 25. Sandoya, G. 2008. Evaluación de la Tecnología de la Geobolsa para el Tratamiento de desechos sólidos y aguas residuales en Porquerizas y Beneficios de Café. Informe SENACYT. Republica de Panamá.
 26. SAT. Manual de procedimiento e instalación de la tecnología de separación de sólidos de polímeros + geotubos.
 27. Simon, V. 2002. Residuos de la agroindustria del café; una oportunidad de negocio. ENTORNO. Revista de comunicación ambiental.
 28. Soluziona. 2006. Documento de Antecedentes, Elaboración del Anteproyecto de Norma de Calidad Ambiental y Límites Máximos Permisibles de Aguas Continentales para Uso Recreativo Con y Sin Contacto Directo.
 29. Universidad de Panamá. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Escuela de Desarrollo
 30. Velasco V., Matuk, Puerta Quintero, G.I. y Rodríguez Valencia, N. Impacto biológico de los efluentes del beneficio húmedo del café. CENICAFE (Colombia). Oct-Dic 1997.v.48(4) p. 234-252.
 31. Zamora, L., Pujol, R., Bonilla F. 2001. Estudio de impacto ambiental del cultivo y procesamiento de café. San José Costa Rica. Programa de Desarrollo Urbano Sostenible. Universidad de Costa Rica.

Anexos

CUADRO I. CARACTERISTICAS DE LAS AGUAS RESIDUALES DEL BENEFICIADO DE CAFÉ.

AGUAS DE DESPULPADO

PARÁMETROS	PROMEDIOS
DQO	450 a 11 710 mg/l (mín. y máx.)
Sólidos en suspensión	70 a 850 mg/l (mín. y máx.)
Sólidos totales	2 687 mg/l
pH	5.9
AGUAS DE LAVADO	
PARÁMETROS	PROMEDIOS
DQO	284 a 3 828 mg/l (mín. y máx.)
Sólidos en suspensión	100 a 380 mg/l (mín. máx.)
Sólidos totales	532
pH	5.6

Fuente: CICAFFE 1979

CUADRO II. MINISTERIO DE COMERCIO E INDUSTRIAS VICEMINISTRO DE COMERCIO EXTERIOR PRODUCTOS EXPORTADOS EN EL AÑO 2006.

POSICIÓN	PARTIDA	PRODUCTO	EXPORTACIÓN \$	PARTICIPACIÓN %	VOLÚMENES (KG)
14	9011100	Café sin tostar sin descafeinar	13,128,231.00	1.2846	4,760,601.00
121	9012100	Café tostado sin descafeinar	399,234.00	0.0391	144,725.00
222	9012200	Café tostado descafeinado	81,631.00	0.0080	5,253.00

Fuente: Contraloría General de la Republica Cifras preliminares (p) diciembre 2006
Preparado por: Sección de Análisis (VICOMEX)

CUADRO III. PESO Y VALOR DE LA EXPORTACIÓN DE PANAMÁ, POR AÑO ESPECÍFICO, SEGÚN INICIO ARANCELARIO ESPECÍFICO Y PAIS DE DESTINO AÑO 2007.

INCISO ARANCELARIO Y PAÍS DE DESTINO	PESO (EN KILOS)		VALOR FOB
	NETO	BRUTO	(EN BALBOAS)
CAFE SIN TOSTAR, SIN DESCAFEINAR.	5,847,407	5,924,086	16,209,916
ALEMANIA	474,420	481,568	1,205,546
AUSTRALIA	54,000	54,552	143,213
BELGICA- LUXEMBURGO	110,040	112,230	273,826
CANADA	198,000	201,046	559,525
CHINA-TAIWAN (FORMOSA)	3,557	3,667	14,310
DINAMARCA	1,440	1,450	6,336
ESTADOS UNIDOS DE AMERICA	4,383,081	4,432,277	12,205,295
ISRAEL	36,000	36,420	63,889
ITALIA	324,000	330,558	932,112
JAPON	90,936	95,572	295,680
PAISES BAJOS	63,933	64,666	232,105
PORTUGAL	90,000	90,930	225,698
SUIZA	18,000	19,150	52,381

Fuente: Contraloría General de la Republica Cifras preliminares (p) 2007

CUADRO IV. PESO Y VALOR DE LA EXPORTACIÓN DE PANAMÁ, POR AÑO ESPECÍFICO, SEGÚN INICIO ARANCELARIO ESPECÍFICO Y PAIS DE DESTINO AÑO 2007.

INCISO ARANCELARIO Y PAÍS DE DESTINO	PESO (EN KILOS)		VALOR FOB
	NETO	BRUTO	(EN BALBOAS)
CAFE TOSTADO, SIN DESCAFEINAR.	101,362	103,747	571,498
CANADA	23,400	23,577	120,978
CHILE	5,900	6,028	37,947
CHINA (CONTINENTAL)	3,544	3,614	25,766
CHINA-TAIWAN (FORMOSA)	345	387	1,902
ESPAÑA	1,449	1,980	9,365
ESTADOS UNIDOS DE AMERICA	49,126	49,883	261,929
JAPON	5,880	5,948	30,153
PAISES BAJOS	11,702	12,313	83,368
SAN MARTIN ISLA (PARTE SUR)	16	17	90

Fuente: Contraloría General de la Republica Cifras preliminares (p) 2007

CUADRO V. PESO Y VALOR DE LA EXPORTACIÓN DE PANAMÁ, POR AÑO ESPECÍFICO, SEGÚN INICIO ARANCELARIO ESPECIFICO Y PAIS DE DESTINO AÑO 2007.

INCISO ARANCELARIO Y	PESO (EN KILOS)		VALOR FOB
	NETO	BRUTO	(EN BALBOAS)
CAFE TOSTADO, DESCAFEINADO.	83,820	101,981	901,878
CHILE	3,086	3,178	22,575
CHINA-TAIWAN (FORMOSA)	294	298	2,242
COSTA RICA	6,363	6,427	70,000
DINAMARCA	4,957	5,032	59,480
ESTADOS UNIDOS DE AMERICA	45,637	62,477	497,907
ISLANDIA	11,259	11,544	113,140
PAISES BAJOS	11,300	12,039	127,982
PERU	123	128	1,496
SAN MARTIN ISLA (PARTE SUR)	801	858	7,056

Fuente: Contraloría General de la República Cifras preliminares (p) 2007

CUADRO VI. AGUA MIEL CRUDA Y LA EFICIENCIA DE LOS SISTEMAS DE TRATAMIENTO. M1 SIN PROCESO VS. M1 FASE DE SEPARACIÓN Y M2 VS. M3 A LA SALIDA DEL SEGUNDO GEOTUBO.

Parámetros	M1	M2	%	M3	%	Valor máximo permitido	Unidad
	Sin proceso de separación de sólidos	Después del proceso de separación	Reducción Separación, física y mecánica Filtros helicoidal, maya y sedimentador	A la salida del segundo geotubo	Reducción Tratamiento coloidal Geotubo + polímero		
Aceites y Grasas	64,0	27,0	57.81	14,0	48.15	20,0	Mg/l
Coliformes totales	incontables	5000	disminución significativa	300	94	1000	UFC /100ml
Conductividad	1820,0	331,0	81.81	255	22.96	No reportado	uS/cm
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	4070,0	978,0	75.97	648,5	33.69	100	Mg/l
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	31950,0	2023,0	93.67	1390,0	31.29	100	Mg/l
DQO/DBO ₅	7,85	2,07	mejoro	2,14	mejoro	No reportado	-----
pH	4,56	5,28	menos ácido	4,36	más ácido	5,5-9,0	Unidades en pH
Sólidos disueltos totales	912,0	159,9	82.47	122,0	23.27	500	Mg/l
Sólidos suspendidos	700,0	216,0	69.14	68,0	68.52	35	Mg/l
Sólidos totales	17404,0	1342,7	92.29	856,0	36.21	No reportado	Mg/l
Temperatura	16,8	17,7	mejoro	18,3	mejoro	+3°C de la T.N.	°C
Turbiedad	643,0	261,0	59.41	73,91	49.04	30	NTU

Fuente: LASEF.

FIGURA N° 1. EMPRESA CAFÉ DURAN.



FIGURA N° 2. DETERMINACIÓN DE POLIMEROS.



FIGURA 3. PREPARACIÓN PARA LA PRUEBA DE JARD TEST



FIGURA N° 4 Y 5. PRUEBA DE JARD TEST.



FIGURA N° 6. EL AGUA MIEL LLEGA A LA FOSA RECOLECCIÓN.

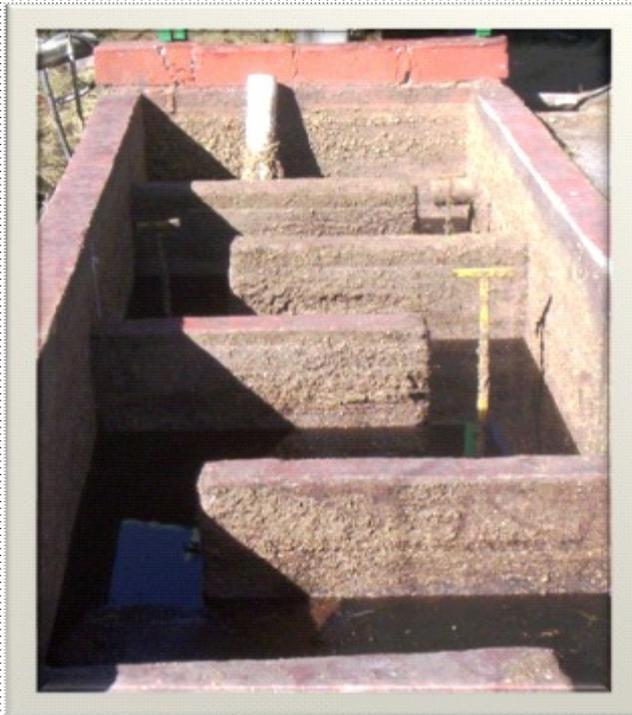


FIGURA N° 7. BOMBA.

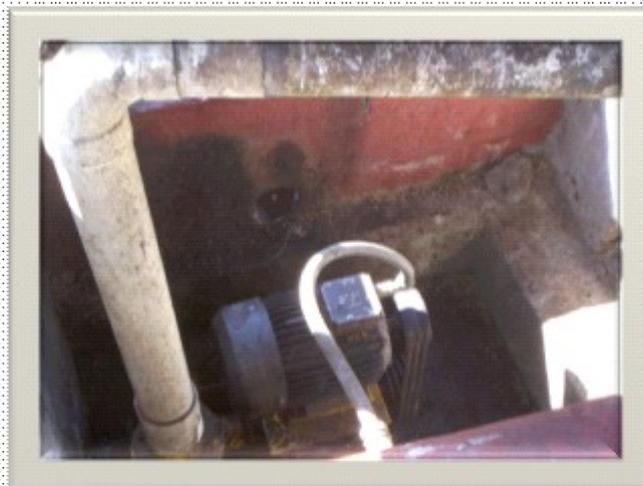


FIGURA N° 8. DE LA FOSA SE BOMBEA A UN FILTRO HELICOIDAL A 5 MTS DE ALTURA, PRIMERA SEPARACIÓN.



FIGURA N° 9. DEL HELICOIDAL EL AGUA MIEL PASA POR UN FILTRO MAYA, SEGUNDA SEPARACIÓN.



FIGURA N° 10. DEL FILTRO MAYA POR GRAVEDAD EL AGUA PASA A LA TINA DE SEDIMENTACIÓN, TERCERA SEPARACIÓN.



FIGURA N° 11. DE LA TINA EL AGUA ES BOMBEADA AL TANQUE DE HOMOGENIZACIÓN, DONDE SE REALIZA EL TRATAMIENTO CON POLÍMEROS.



FIGURA N° 12. EL AGUA FLOCULADA ES ENVIADA A GEOTUBOS POR GRAVEDAD.



FIGURA N° 13. PROCESO DE FILTRACIÓN POR PARTE DE LOS GEOTUBOS.



FIGURA N° 14. TOMA DE MUESTRAS



FIGURA N° 15. TOMA DE LA MUESTRA M 2



FOTO N° 16. TOMA DE LA MUESTRA M3



FIGURA N° 17. CARGA CONTAMINANTE EN KG DQO/QQ DE CAFÉ.

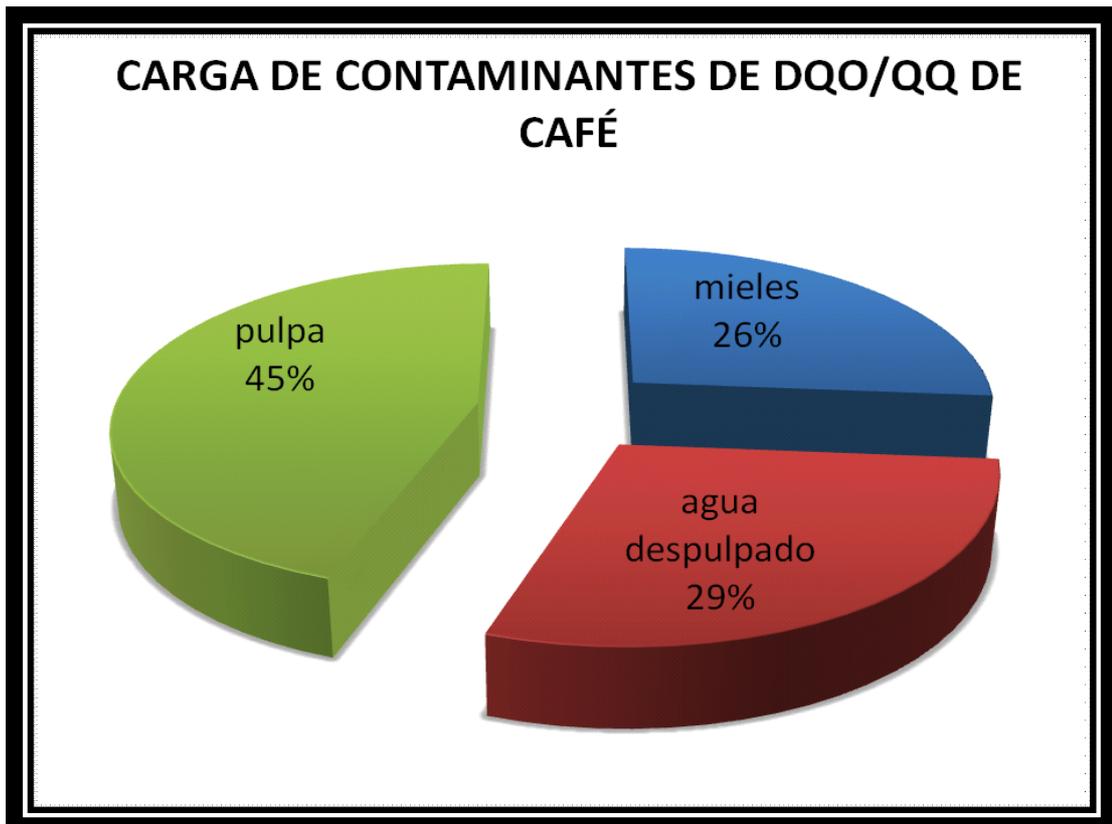


FIGURA N° 18. COMPARACIÓN DE LOS PARÁMETROS DE M1, M2 Y M3

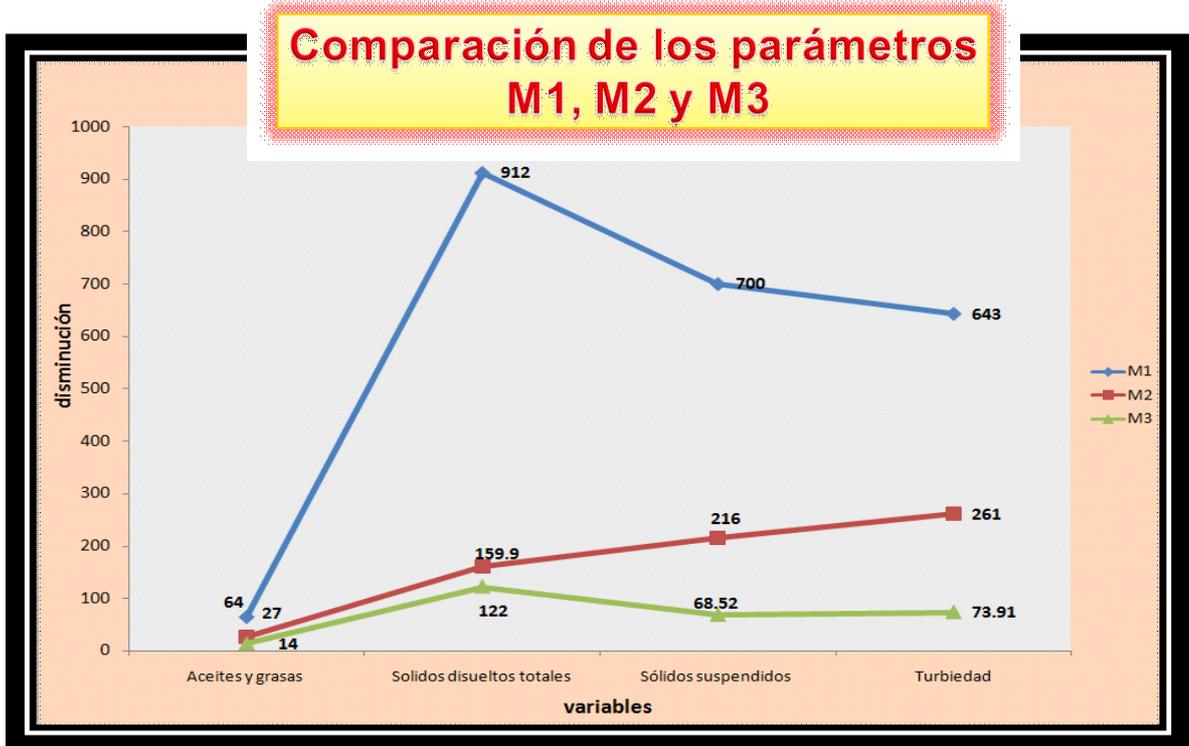


FIGURA N° 19. COMPARACIÓN DE LOS PARÁMETROS M1, M2 Y M3.

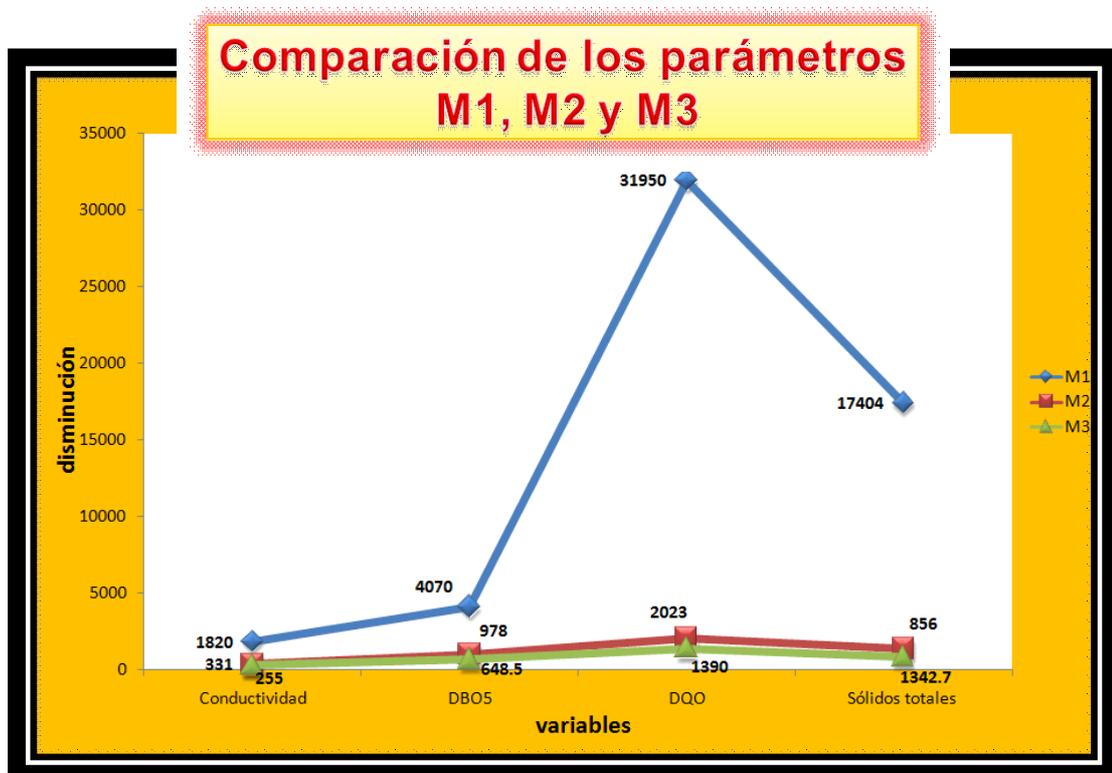


FIGURA N° 20. RELACIÓN ENTRE LA CANTIDAD DE AGUA MIEL SIN TRATAMIENTO Y DÍAS DE FUNCIONAMIENTO DEL GEOTUBO

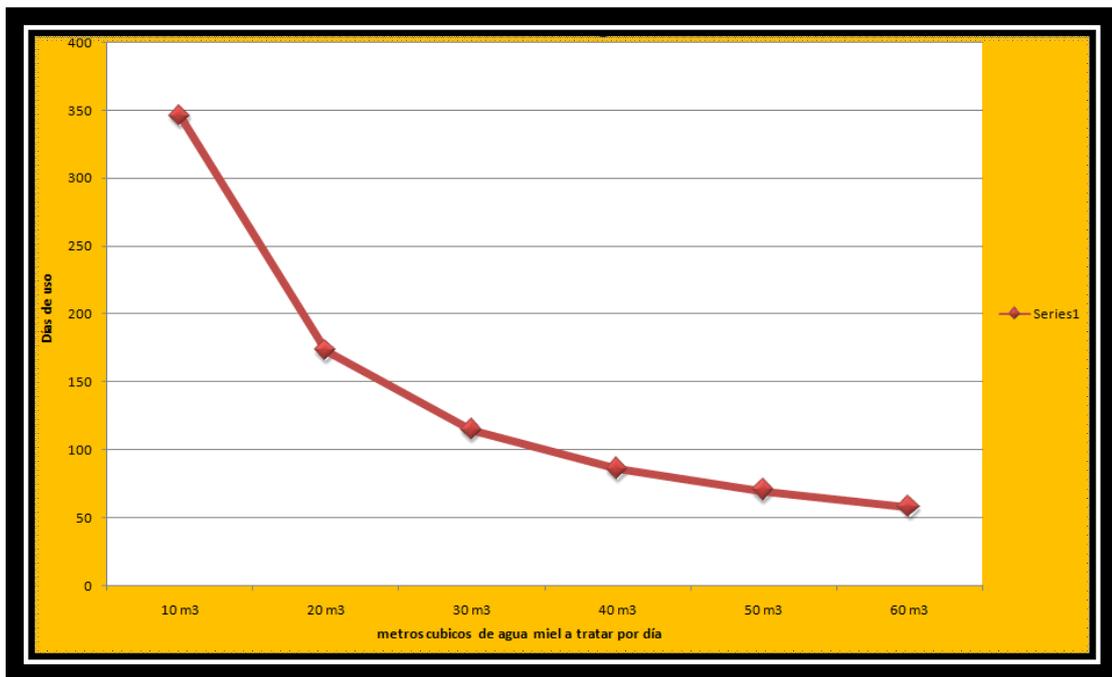


FIGURA N° 21. RELACIÓN ENTRE LA CANTIDAD DE AGUA MIEL TRATADA Y DÍAS DE FUNCIONAMIENTO DEL GEOTUBO

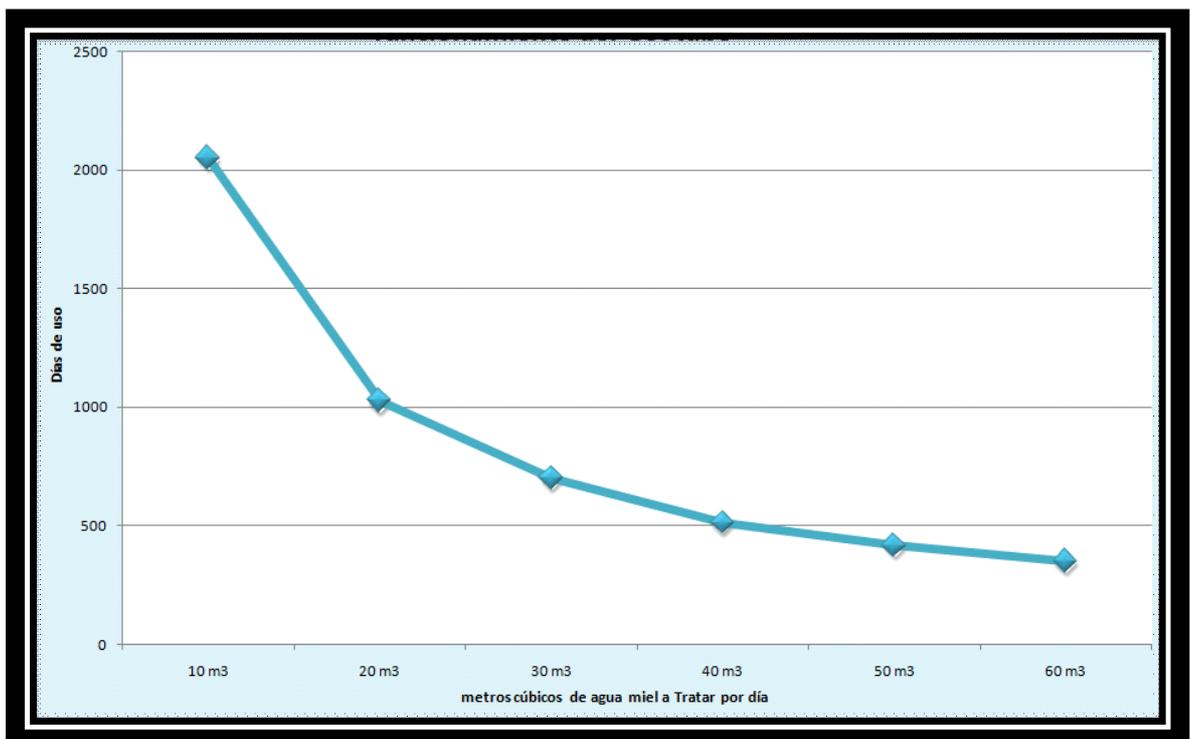


FIGURA N° 22. VISTA LATERAL Y DE PLANTA GEOTUBO DE 30 x 50 PIES.

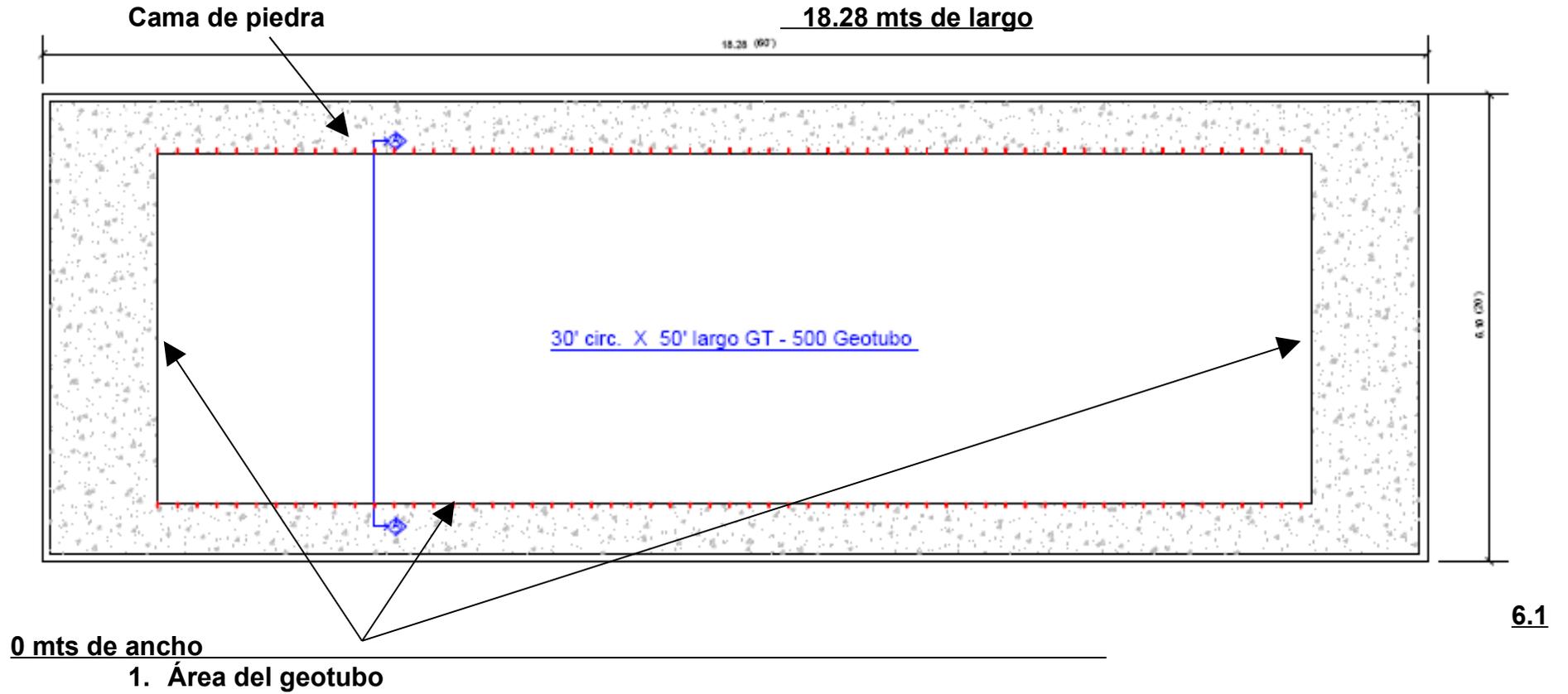


FIGURA N° 23. VISTA HORIZONTAL DEL GEOTUBO.

