

11. PROPUESTAS DE SANEAMIENTO BÁSICO

Las propuestas de saneamiento que a continuación se presentan, son el resultado de revisión y análisis de las memorias descriptivas y de cálculo presentadas en el diseño elaborado por la empresa TYPESA, las cuales se presentan en el Anexo 3 del presente documento.

11.1 Propuesta de de abastecimiento de agua

11.1.1 Resumen de la propuesta

El estudio realizado por la empresa española TYPESA considera como fuente de abastecimiento de agua, la quebrada El Trapiche, la cual es un afluente del río Blanco, tributario del río Amarillo; esta quebrada fue utilizada en el pasado como fuente de abastecimiento para uso doméstico por los pobladores de la parte alta de la cuenca (comunidad de Río Amarillo), para suplir los requerimientos de las actividades pecuarias de la zona.

Actualmente existe una obra de captación que se encuentra en mal estado, por lo que requiere ciertos trabajos de rehabilitación y mejoramiento, debido al asolvamiento de la obra toma.

Los requerimientos de agua para consumo, riego y control de incendios, es de 70 m³/día; mientras que la producción diaria de la fuente es de 2,505 m³.

El sistema de agua potable propuesto para el aeródromo consta de:

1. Captación de las aguas superficiales disponibles en la quebrada El Trapiche.
2. Una conducción a presión desde la captación en la quebrada hasta un cerro próximo al edificio terminal, donde se ubicará la planta potabilizadora y el depósito de regulación de agua tratada.
3. Depósito previo a la potabilizadora.
4. Potabilizadora
5. Depósito de agua tratada
6. Una segunda conducción formada por una doble tubería, una de ellas parte del depósito de agua tratada hasta su conexión con la red de tuberías de agua potable de la terminal, la segunda tubería parte de la arqueta de distribución situada justo aguas arriba de la potabilizadora, y finaliza en un depósito de almacenamiento de agua para riego y contra incendios situado junto al edificio de servicios.
7. Depósito de almacenamiento del agua para riego y contra incendios

Para mayor detalle de cada componente del sistema de agua propuesto, ver la descripción del ante proyecto en el capítulo 9 del presente documento.

11.1.2 Evaluación de la propuesta

La propuesta de abastecimiento, almacenamiento y distribución de agua potable para la operación del aeródromo, cumple con todos los requerimientos establecidos para el correcto funcionamiento del sistema.

A continuación se enlistan los aspectos considerados para la aceptación de la propuesta:

1. La producción de la fuente (2,505.6 m³/día) suple la demanda requerida por el aeródromo (70 m³/día).
2. La línea de conducción se diseñó para trabajar por gravedad, de esta forma se aminoran los costos de operación del sistema.
3. Las aguas crudas son adecuadas para una **Estación de Tratamiento de Agua Potable**, que se ubica junto al depósito de almacenamiento de agua potable, en la cima del cerro al noreste de la pista a unos 735 m de elevación.
4. El tanque de almacenamiento de agua para consumo humano presenta una capacidad de reserva para tres días. (30 m³).
5. Se construirán tanques de almacenamiento para suplir las demandas de riego y control de accidentes (incendios).

11.1.3 Conclusiones

- i. El sistema de abastecimiento, almacenamiento y distribución agua establecido por la empresa TYPESA, cumple con las necesidades de operación del aeródromo.
- j. La capacidad mínima de la fuente de abastecimiento del aeródromo no debe ser menor de 68.64 m³/día (0.11 m³/min.)

11.2 Propuesta para manejo de aguas residuales

11.2.1 Resumen de la propuesta

La estación de tratamiento de aguas residuales para la operación del aeródromo en Río Amarillo estará ubicada al Sur del edificio terminal, y desde allí las aguas residuales tratadas son llevadas por gravedad al cauce del río Blanco, situado al Oeste de la pista del aeródromo.

La estación de tratamiento tiene una capacidad de depuración de 25 m³ diarios (equivalente al 250 % de las necesidades previstas), donde la composición de las aguas residuales será típica de las aguas generadas en zonas urbanas, con concentraciones de 300 ppm de DBO₅ y 450 ppm de sólidos suspendidos.

El sistema de manejo de las aguas residuales y su tratamiento propuesto consta de:

1. Compartimiento de sedimentación
2. Depuración biológica
3. Tratamiento secundario

4. Línea de conducción de la planta de tratamiento hasta el punto de descarga
5. La conducción de vertido al río Blanco será por medio de tubería PVC y tendrá un diámetro de 200 mm, circulando el agua en lámina libre. Se instalarán pozos de inspección cada 50 m y se recubrirá la tubería a lo largo de su traza con hormigón HM-15 hasta 0,30 m por encima de la clave del tubo para evitar aplastamientos.

El efluente resultante del tratamiento en la planta cumplirá los siguientes parámetros:

1. $DBO_5 < 20$ ppm
2. $DQO < 160$ ppm
3. $SS < 20$ ppm

11.2.2 Evaluación de la propuesta

11.2.2.1 Metodología de evaluación

Para evaluar el comportamiento del río Blanco, luego del vertido del efluente proveniente de la estación de tratamiento de aguas residuales del aeródromo, se determinara el comportamiento del cuerpo de agua con respecto a la concentración de oxígeno disuelto utilizando el modelo Streeter y Phelps que relaciona la demanda biológica de oxígeno y el oxígeno disuelto, adicionalmente se estudiaran las implicaciones que este tenga con el hábitat de las especies acuáticas que actualmente existen en el río; para cumplir con este fin se utilizaron las siguientes formulaciones:

11.2.2.2 Cálculo del tiempo crítico

$$T_c = (1 / (K_1 - K_2)) \times \ln [(K_2 / K_1) \times (1 - (ODO \times (K_2 - K_1)) / (K_1 \times L_o))]$$

Donde:

T_c = Tiempo crítico en días (tiempo en el que se manifestara la disminución en el oxígeno disuelto)

K_1 = Velocidad de desoxigenación (días⁻¹)

K_2 = Velocidad de re-aireación (días⁻¹)

ODO = Déficit de oxígeno disuelto (diferencia entre el oxígeno disuelto saturado y el oxígeno disuelto real en ppm)

L_o = Demanda biológica de oxígeno del efluente (ppm)

La formulación dará como resultado el tiempo durante el que se encontrara el oxígeno disuelto mínimo.

11.2.2.3 Cálculo distancia crítica

$$X_c = U \times T_c \times 86400 \times 0.001$$

Donde:

X_c = Distancia crítica (Km.)

U = Velocidad promedio del curso de agua (m/s)

T_c = Tiempo crítico (días)

86400 = Factor de conversión de segundos a días

0.01 = Factor de conversión de metros a kilómetros

Esta formulación da como resultado, el tramo del río en el que se manifestara la mínima concentración de oxígeno disuelto, es de hacer notar que la fórmula considera que el río permanece constante en sus características (velocidad promedio del cauce, velocidades de desoxigenación y re-aireación), para corregir esta suposición es necesario recalcular la distancia, tomando en cuenta la topografía del cauce del río, aportaciones de agua o uniones con cuerpos de agua de mayor tamaño, todos estos factores aumentan las concentraciones de oxígeno disuelto y por consiguiente normalizan las concentraciones de este, disminuyendo así la distancia crítica.

11.2.2.4 Cálculo del valor mínimo de oxígeno disuelto

$$OD_{min} = 9.2 - [(K_1 / K_2) \times (L_o \times e^{-K_1 \times T_c})]$$

Donde:

OD_{min} = Concentración mínima de Oxígeno Disuelto (ppm)

K₁ = Velocidad de desoxigenación (días⁻¹)

K₂ = Velocidad de re-aireación (días⁻¹)

L_o = Demanda biológica de oxígeno del efluente (ppm)

T_c = Tiempo crítico (días)

9.2 = Concentración máxima de oxígeno disuelto en agua a 20 °C en ppm

El resultado refleja la concentración mínima de oxígeno disuelto que poseerá el cuerpo de agua, luego del vertido del efluente en él.

Tabla XI. 1 Valores utilizados en la evaluación

Variable	Valor	Unidad	Descripción
K ₁	0.25	días ⁻¹	Valor típico para ríos contaminados ¹
K ₂	0.36	días ⁻¹	Valor típico para cursos de agua lentos ¹
L _o	20	ppm	Tomado de las especificaciones para la estación de tratamiento de aguas residuales propuesta por TYPASA
Oxígeno disuelto real	7.5	ppm	Medición de campo
Oxígeno disuelto saturado	9.2	ppm	
U	0.33	m/s	Medición de campo

¹ = valores tomados de ingeniería ambiental fundamentos, entornos, tecnologías, y sistemas de gestión, Kiely páginas 416 y 424, 1999

11.2.3 Resultados

En tabla siguiente se resumen los resultados obtenidos durante la evaluación de la propuesta de aguas residuales:

Tabla XI. 2 Resultados de la evaluación de aguas residuales para una descarga de 20 ppm de DBO₅

Variable	Resultados
Tiempo crítico	2.97 días
Distancia crítica	84.64 Km.
Distancia crítica recalculada	12.81 Km.
Concentración mínima de oxígeno disuelto	2.59 ppm

11.2.4 Conclusiones

1. Una descarga de DBO₅ de 20 ppm en el río Blanco **tendrá un impacto grande en la fauna del cuerpo de agua**, debido al descenso en la concentración de oxígeno disuelto, de 7.5 ppm a 2.59 ppm, esto ocasionara un cambio en el hábitat que no permitirá el sustento de las especies acuáticas que en el habitan.
2. Una descarga de DBO₅ de 20 ppm **es insostenible para el río Blanco, por esta razón se advierte la necesidad de reducir el DBO₅ de 20 ppm a 5 ppm**, valor que asegura la conservación de la fauna acuática del río, como se ve a continuación en la tabla de resultados para una descarga de 5 ppm:

Tabla XI. 3 Resultados de la evaluación de aguas residuales para una descarga de 5 ppm de DBO₅

Variable	Resultados
Tiempo crítico	1.84 días
Distancia crítica	52.51 Km.
Distancia crítica recalculada	12.81 Km.
Concentración mínima de oxígeno disuelto	7.01 ppm

Como se puede apreciar en la tabla anterior, el valor mínimo de oxígeno disuelto es de 7 ppm, valor que sule las necesidades de la fauna acuática del sitio y que no entra en conflicto con el hábitat del río Blanco.

Por lo tanto, se recomienda que la planta de tratamiento propuesta por TYPASA, presente un tratamiento adicional que reduzca el DBO del efluente, a 5 ppm.

Para alcanzar la concentración de DBO a 5 ppm, se recomienda la adición de un modulo de tratamiento terciario a la planta de tratamiento propuesta por TYPASA, para lograr la adecuación del efluente de 20 ppm a las 5 ppm recomendadas por la empresa consultora.

11.3 Propuesta para el manejo de desechos sólidos

11.3.1 Resumen de la propuesta

En el documento elaborado por la empresa TYPESA, no se contempló el manejo y tratamiento de los desechos sólidos a ser generados por el aeródromo, por lo que se presentan a continuación, las recomendaciones elaboradas por la empresa consultora, de acuerdo a la siguiente estructura:

1. Metodología de cálculo para estimación de la producción diaria de desechos sólidos considerando:
 - a. Cálculo de producción diaria
 - b. Caracterización de los residuos sólidos
 - c. Cálculo de producción según el tipo de desecho
 - d. Cálculo de volúmenes de producción por tipo de desecho
 - e. Cálculo de volúmenes de almacenamiento
2. Resultados
3. Conclusiones y recomendaciones

11.3.1.1 Metodología de cálculo para estimación de la producción de desechos sólidos

A. Cálculo de producción diaria

Se prevé que al aeródromo llegarán 4 aviones diarios modelo ATR-42 con una capacidad de 50 personas cada uno, y considerando que la producción per cápita por pasajero será de 0.35 Kg., se espera que la producción diaria del aeródromo sea de 70 Kg. A continuación se detalla el cálculo realizado:

Datos:

(PPD) Producción / persona / día = 0.35 Kg.
(NPD) Número total de pasajeros al día = 200

Producción diaria: PPD x NPD

Producción diaria = $0.35 \times 200 = 70$ Kg./día

B. Caracterización de los residuos sólidos

Tomando como referencia el estudio realizado por el IHT (Saneamiento Ambiental del Cayo Bonacca, 2003), se caracterizaron los residuos sólidos en:

1. Putrescibles (PT): Desechos de alimentos de origen doméstico, restaurante, comercial, industrial, etc., así como, restos orgánicos (huesos), madera y residuos de jardín.
2. Plásticos (PL): Esta conformado los plásticos y sus subproductos.

A continuación se presenta la tabla que contiene la composición específica de los plásticos según su constitución:

Tabla XI. 4 Composición específica de plásticos

Composición típica	Composición específica	Nombre común
Plástico	Polietileno teretalato (PETE)	Envases plásticos
	Polietileno de alta densidad (HDPE)	Bolsas plásticas
	Cloruro de polivinilo (PVC)	
	Polietileno de baja densidad (LDPE)	
	Polipropileno	

3. Papel (PA): Residuos de cartón, ropa, periódicos, revistas y cajas.
4. Aluminio (Al): Esta conformado por aluminio y sus subproductos.
5. Vidrio (VI): Esta conformado por *vidrio* y sus subproductos.

Una vez diferenciados los desechos sólidos según sus características, se consideraron los porcentajes de producción por tipo de desecho según los datos que se presentan en la siguiente tabla:

Tabla XI. 5 Porcentaje de producción diaria por tipo de desecho

Tipo de desecho	Porcentaje de la producción diaria Kg.
Putrescibles	58.0
Plásticos	19.5
Papel	14.4
Aluminio	4.2
Vidrios	3.9

C. Cálculo de producción según el tipo de desecho

A partir de los porcentajes y conociendo la producción total diaria a presentarse en la operación del aeródromo, se calcularon los pesos en Kg. para cada tipo de desecho.

D. Calculo de volúmenes de producción por tipo de desecho

Para el cálculo de los volúmenes de producción, se consideraron las densidades típicas de zonas residenciales, por lo tanto se determinaron dos escenarios para el cálculo de volúmenes de producción, el primero presenta las densidades sin compactación y el segundo considerando la compactación de los desechos.

En la siguiente tabla se presentan las densidades de cada tipo de desecho:

Tabla XI. 6 Densidades por tipo de desechos

Tipo de desecho	Densidad sin compactación Kg./m ³	Densidad con compactación Kg./m ³
Putrescibles	241.85	241.85
Plásticos	38.17	125
Papel	62.7	62.7
Aluminio	55.45	125
Vidrios	147.64	147.64

E. Cálculo de volúmenes de almacenamiento

Una vez establecidos los volúmenes de producción, se calculan los volúmenes totales requeridos para el almacenamiento, según los días que los mismos serán almacenados. En el caso de los putrescibles, los mismos serán almacenados por un periodo no mayor de dos días, mientras que los no putrescibles por 15 días.

11.2.1.2 Resultados

A continuación se presenta el cuadro resumen de los resultados obtenidos a partir de la metodología:

Tabla XI. 7 Resultados del manejo de desechos sólidos

Producción total diaria Kg.	Tipo de desecho	Porcentaje de la producción diaria Kg.	Producción según clasificación Kg.	Densidad sin compactación Kg./m ³	Densidad con compactación Kg./m ³	Volumen diario sin compactación (m ³)	Volumen diario con compactación (m ³)	Días de almacenaje	Requerimiento de almacenaje sin tratamiento	Requerimiento de almacenaje con tratamiento
70	Putrescibles	58.0	40.60	241.85	241.85*	0.17	0.17	2	0.3	0.3
	Plásticos	19.5	13.65	38.17	125	0.36	0.11	15	5.4	1.6
	Papel	14.4	10.08	62.7	62.7*	0.16	0.16	2	0.3	0.3
	Aluminio	4.2	2.94	55.45	125	0.05	0.02	15	0.8	0.4
	Vidrios	3.9	2.73	147.64	147.64*	0.02	0.02	15	0.3	0.3

* Este tipo de desechos no se compactan.

11.3.1.3 Conclusiones y recomendaciones

A. Conclusiones

1. El aeródromo de Río Amarillo presenta una producción de desechos sólidos baja, por lo que el reciclaje no es factible para el proyecto.

Se deben ubicar en diferentes zonas del aeródromo recipientes para la separación o segregación de residuos. Cada recipiente tendrá un color distinto para diferenciar el tipo de desecho, también debe contar con un letrero indicando el tipo de desecho a depositarse, de la siguiente forma:

Tabla XI. 8 Color de recipiente según tipo de desecho

Color del recipiente	Tipo de desecho
Azul	Papel
Amarillo	Metal
Verde	Vidrio
Anaranjado	Plástico
Café	Desechos orgánicos putrescibles

Estos recipientes deberán ser colocados estratégicamente en la terminal aérea, oficina de policía, aduana, tour operador, compañía aérea, oficina de administración, bar / restaurante, tiendas y demás instalaciones. Además deberán colocarse recipientes en áreas fuera del aeródromo como ser los puntos de taxi o servicios públicos.

El objetivo de la separación, es facilitar su transporte a la bodega de almacenamiento.

B. Recomendaciones

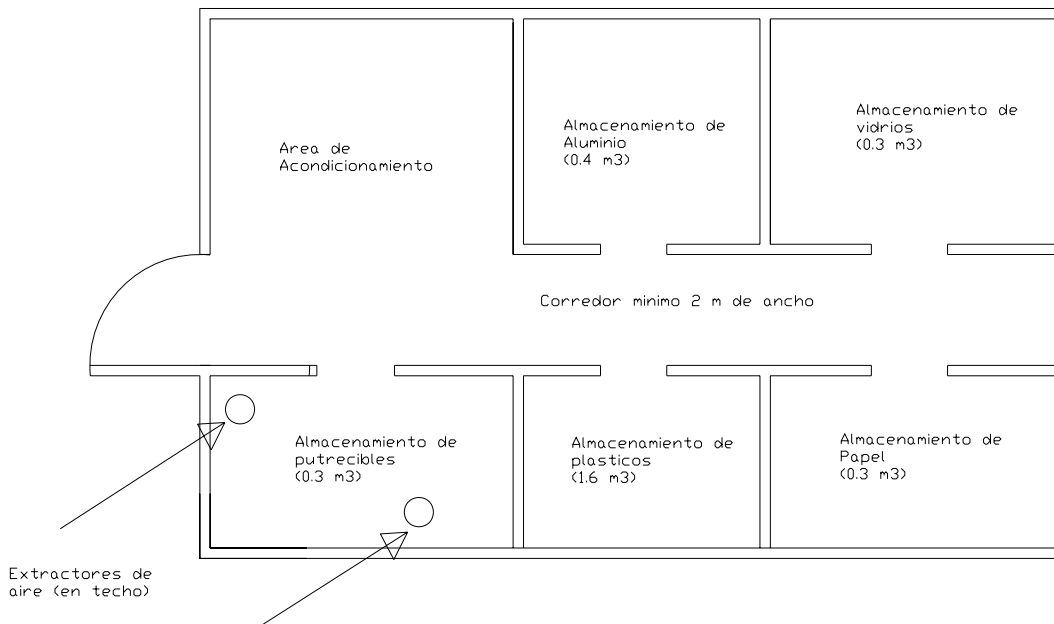
1. Adquisición de una compactadora mecánica o eléctrica para el acondicionamiento de los desechos a ser almacenados en la bodega.
2. Construcción de una bodega de almacenamiento temporal, la misma debe cumplir con las siguientes especificaciones:
 - a. La altura de la bodega no debe ser menor a 3.5 m.
 - b. El área de la bodega debe contar con 6 cubículos, separados por una pared de altura media (1.75 m).
 - c. Los cubículos deben ser diseñados de tal forma que puedan almacenar los volúmenes de desechos establecidos en la siguiente tabla:

Tabla XI. 9 Tiempo de almacenamiento según los volúmenes de desechos

Tipo de desecho	Días de almacenamiento	Requerimiento de almacenamiento sin tratamiento (m ³)	Requerimiento de almacenamiento con tratamiento (m ³)	Disposición final
Putrescibles	2	0.3	0.3	Incineración
Plásticos	15	5.4	1.6	Botadero de Copan Ruinas
Papel	2	0.3	0.3	Incineración
Aluminio	15	0.8	0.4	Botadero de Copan Ruinas
Vidrios	15	0.3	0.3	Botadero de Copan Ruinas

- d. Uno de los cubículos de la bodega es destinado para el acondicionamiento de los desechos (área de compactación).
- e. La bodega debe contar con un corredor que comunique los diferentes cubículos, el mismo debe presentar dimensiones que permitan trabajar sin ninguna dificultad al encargado del manejo de los desechos, se recomienda que no sea menor de 2 m.
- f. El cubículo donde se almacenaran los desechos putrescibles, debe contar con dos extractores de aire (techo), para evitar la generación de malos olores.

A continuación se presenta un esquema sencillo de la bodega:



- g. El diseño final de la distribución de áreas (m^2 por cubículo), depende de la empresa constructora, el esquema anterior solo muestra las áreas por cubículo necesarios para el almacenamiento temporal de los desechos, considerando la compactación de los mismos.
3. Se debe adquirir un incinerador de media tonelada, para incinerar los desechos putrescibles, papeles y madera. El mismo debe contar con filtros que controlen la emisión de dioxinas y furanos (producidos por la quema de los desechos).
 4. Se deben incinerar los desechos cada 2 días.
 5. El incinerador debe ubicarse en un lugar abierto, que no intervengan con las actividades de operación y visibilidad del aeródromo.
 6. Las cenizas deben ser mezcladas con agua para evitar su volatilización y posteriormente colocadas en barriles metálicos de 55 galones, para posteriormente ser llevadas al Botadero municipal de Copan Ruinas.
 7. Previo al licenciamiento ambiental, se debe contar con un permiso por parte de la alcaldía para la disposición final de los desechos sólidos no incinerados, en el botadero municipal de Copán Ruinas.
 8. Se debe contratar a una empresa de la zona para el transporte de los desechos no incinerados al relleno sanitario (previo permiso de la municipalidad). La cantidad de desechos no incinerados sin tratamiento es de $6.5 m^3$ ($2.3 m^3$ con tratamiento), por lo que el camión a utilizarse debe contar con una capacidad para llevar el volumen establecido para un escenario crítico.