



UNIVERSIDAD AUSTRAL DE CHILE

---

Facultad de Ciencias de la Ingeniería  
Escuela de Ingeniería Civil Mecánica

CONSIDERACIONES TECNOLÓGICAS PARA LA  
INTEGRACIÓN DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO DE  
RESIDUOS ORGÁNICOS POR BIODIGESTIÓN  
ANAERÓBICA EN CENTRO DE CULTIVO CON SISTEMA  
DE RECIRCULACIÓN

Proyecto para optar al Título de:  
**Ingeniero Civil Mecánico**

**Profesor responsable:**

Dr. Guillaume Serandour.

**Comisión evaluadora:**

Prof. Cristobal Cárdenas A.

Prof. Hugo Duran T.

ANÍBAL GERARDO AGUILERA BETTI

Valdivia - Chile

2015

## Resumen

El objetivo principal de este proyecto es la valorización mediante digestión anaeróbica de los residuos generados en la Piscicultura Rio Blanco ubicada en la región de Los Lagos, para ello se recopila diversa información sobre el proceso de crianza y generación de residuos.

Los residuos generados en el centro de cultivo corresponden al alimento no consumido y a fecas de salmones compuestas por nutrientes no asimilados, por lo tanto los residuos presentan una alta carga de proteínas, carbohidratos y lípidos, lo que permite suponer una alta tasa de gasificación. La producción de biogás para los residuos se obtuvo de forma teórica mediante la ecuación de Buswell y mediante un ensayo de metanización realizado por la Dra. Sandra Madariaga. Al comparar los resultados de la tasa de metanización teórica y experimental, se obtiene que la producción teórica es cuatro veces mayor a la experimental, debido a las condiciones ideales asumidas (temperatura, gasificación completa y ausencia de agentes inhibidores).

En la etapa de diseño del proyecto se generaron diversas alternativas, seleccionando la que mejor se adapta a los requerimientos de los stakeholders, tecnología disponible y características del centro. La alternativa diseñada consiste en un digester anaeróbico de 10  $[m^3]$ , con un agitador electro-mecánico y utilizando un serpentín de PEX alimentado por una caldera mural. Debido a que la tasa de generación de residuos en el centro de cultivo es baja, la capacidad de generación de biogás en el digester no es significativa (0,45  $[m^3/h]$ ). Esta tasa de generación de biogás limita la selección de unidades de presurización y limpieza disponibles en el mercado, por lo cual son omitidas en el proyecto, teniendo como consecuencia un biogás de bajo poder calorífico y requiriendo un estanque de 4  $[m^3]$  para el almacenamiento.

La evaluación económica de la propuesta generada, se compara con el valor actual neto (VAN) involucrado en el transporte y disposición final de los residuos en un relleno autorizado ( $VAN = -847 [U.F]$ ). En base a la tasa de producción se genera un escenario de evaluación económica, el cual consiste en la generación de agua caliente para procesos mediante una caldera a biogás o la libre disposición del biogás. El VAN obtenido de este escenario es 2.070  $[U.F]$ .

En base a la comparación de los resultados técnicos y económicos de las evaluaciones realizadas, se concluye que es viable la instalación de un biodigester en un centro de cultivo, donde la fuente principal de ingresos proviene de la valorización del digestado que representa el 95% de los ingresos.

Para finalizar el proyecto, se presentan cuatro alternativas para el proceso de digestión anaeróbica, que permitan mejorar la factibilidad técnica y económica del proyecto: Utilización de lodos obtenidos directamente de tanques de cultivos, evaluación de costos de disposición en centros ubicados en las regiones de Aysen y Magallanes, unidad centralizada de digestión para varios centros y la mejora del output energético utilizando celdas microbiales de combustible.

## Abstract

The main objective of this Project is the valuation, by anaerobic digestion, of sludge generated in the Rio Blanco fish-farming, in the region of Los Lagos. For that purpose, diverse information about the breeding process and waste generation is collected.

The sludge generated in the fish-farming center corresponds to the uneaten food and salmon feces composed of unassimilated nutrients. Therefore, the sludge presents a high load of proteins carbohydrates and lipids, which suggests a high rate of gasification. The production of biogas for the sludge was obtained theoretically by the Buswell equation and by a methanation testing conducted by Dr. Sandra Madariaga. When comparing the results of the theoretical and experimental methanation rate, it is concluded the theoretical production is four times greater than the experimental one, due to the assumed ideal conditions (temperature, complete gasification and absence of inhibitors).

At the stage of project design diverse alternatives were generated, selecting the best suited to the requirements of the stakeholders, available technology and characteristics of the center. The designed alternative consists in an anaerobic digester 10  $[m^3]$ , with an electro-mechanical stirrer and using a PEX coil fed by a compact boiler. Due to the fact the rate of waste generation at the fish-farming center is low, the capacity to generate biogas in the digester is not significant (0,45  $[m^3/h]$ ). This rate of biogas generation limits the selection of pressurisation units and cleaning available on the market, for which they are omitted in the project, having as a consequence biogas of low calorific value and requiring a tank of 4  $[m^3]$  for storage.

The economic evaluation of the proposal made is compared with the present net value (NPV) involved in the transport and final disposal of waste in a licensed landfill ( $NPV = -913 [UF]$ ). Based on the production rate an economic evaluation scenario is generated, which consists in generating hot water for processes by a biogas boiler or the free disposal of the biogas. The NPV obtained of this scenario is 2.295  $[UF]$

Based on the comparison of the technical and economic results of the evaluations undertaken, it is concluded the installation of a biodigester in fish-farming center is viable, where the main source of income comes from the valuation of the digestate, which represents 95% of income.

To conclude the project, four alternatives for the anaerobic digestion process are presented, which allow to improve the technical and economic feasibility of the project: Use of sludge obtained directly from fish-farming tanks, evaluation of disposal costs in centers located in the regions of Aysen and Magallanes, centralized digestion unit for several centers and the improvement of the energetic output using microbial fuel cells (MFC).