

Uso de haces electrónicos de alta energía para esterilizar las aguas negras municipales del distrito Lunahuaná

Using high energy electron beams to sterilize municipal sewage district Lunahuaná

Parte II: Viabilidad económica para la descontaminación eficiente

Recibido: 03/08/2015

Revisado: 12/08/2015

Aceptado: 09/09/2015

Benigno Benito Lizárraga Zavaleta¹, Carlos Job Fiestas Urbina²,
Francisco Bautista Loyola², Cayo Eduardo Guerra Lazo¹

RESUMEN

Objetivo: Agregar valor a los efluentes y lodos de los sistemas de tratamiento de aguas residuales aplicando la tecnología de haces electrónicos de alta energía para una adecuada disposición y uso, disminuyendo los problemas ambientales y de salud de la población del distrito Lunahuaná. **Métodos:** Se utilizó el tipo de investigación aplicada no experimental, para resolver el problema de saneamiento eficiente de las aguas residuales municipales y lodos de los sistemas de tratamiento. Se analizó los diferentes tipos de costos económicos de las acciones de la alternativa propuesta para la ejecución del proyecto. **Resultados:** Se determinó una inversión inicial de S/.20'557 721,2 para la planta de irradiación con haces de electrones de mediana energía, la red troncal de alcantarillado, sistema de tratamiento biológico de aguas residuales, tanque colector, tanque de homogenización y estación de bombeo. El costo unitario de tratamiento por m³ de agua residual se estimó en S/.16,00, así mismo se ha determinado un costo total de operación anual de (S/./año) 4'117 566,00 que incluye la amortización anual del préstamo para la inversión inicial. Los ingresos por ventas de bioabono esterilizado, en el horizonte de 20 años, alcanzan un valor total actualizado de S/. 148'131 338,73. **Conclusiones:** Los ingresos anuales por venta de bioabono esterilizado son mayores que los costos de operación anual, lo cual permite cumplir los objetivos del proyecto

Palabras clave: Bioabono esterilizado, inversión inicial, costo de operación, costo unitario.

ABSTRACT

Objective: Adding value to effluent and sludge treatment systems wastewater technology using high-energy electron beams for proper disposal and use, reducing environmental and health problems of the people of Lunahuaná district. **Methods:** the type of applied research is not experimental,

was used to solve the problem of efficient disposal of municipal and sludge from wastewater treatment systems. The different types of economic costs of the actions of the alternative proposal for the project implementation was analyzed. **Results:** An initial investment of was determined S/. 20'557 721.2 plant for electron beam irradiation of medium energy, trunk sewers, biological treatment system of wastewater collection tank, equalization tank and pumping station. The unit cost of treatment per m³ of wastewater was estimated at S/. 16.00, also has given a total annual cost of operation (S/./ year) 4'117 566.00 which it includes the annual amortization of the loan to the initial investment. Sales revenue bioabono sterilized in the horizon of 20 years, reaching a total present value of S/. 148'131 338.73. **Conclusions:** The annual income from the sale of sterilized bioabono outweigh the annual operating costs, enabling meet project objectives.

Keywords: Bioabono sterilized, initial investment, operating cost, unit cost.

RESULTADOS

Inversión inicial

La inversión inicial la clasificaremos según el componente del sistema.

1. Inversión inicial de la planta de irradiación y producción de bioabono

1.1. Material y equipamiento de la planta de irradiación y producción de bioabono

¹Facultad de Ingeniería Química y Metalúrgica, Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión. Email: blizarragazavaleta@gmail.com

²Facultad de Ciencias, Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión, Huacho.

Tabla 7. *Materiales y equipos de la planta de irradiación y producción de bioabono.*

Materiales y equipos	Unidad	Cantidad	Precio Unitario (S/.)	Costo (S/.)
Acelerador de electrones, 100 KW, 5 MeV (*)	Equipo	2	4 173 000,00	8'346 000,0
Sistema de control (*)	Sistema	2	973 700,00	1'947 400,0
Sistema de monitoreo de radiaciones (*)	Sistema	2	197 740,00	395 480,0
Edificaciones (*)	Edificio	2	1 669 200,00	3'338 400,0
Camioneta Pick up 4x4	Unidad	1	83 460,00	83 460,0
Camión cisterna de bioabono, 5 m ³	Unidad	1	222 560,00	222 560,0
Depósito de bioabono líquido esterilizado	Unidad	1	500 000,00	500 000,0
			Total: S/.	14'833 300,0

Tipo de cambio: USA \$ 1,00 = S/. 2,782 (nuevos soles)

(*) Fuente: Electron beam technology ebTech 550 yongsan-dong Yuseong-gu, Daejeon 305-500, Korea, (2009).

1.2. Inversión de servicios diversos de la planta de irradiación y producción de bioabono

Tabla 8. *Inversión de servicios diversos de la planta de irradiación y producción de bioabono.*

Materiales y equipos	Unidad	Cantidad	Precio Unitario (S/.)	Costo (S/.)
Consultoría: Elaboración de un perfil SNIP	Estudio	1	60 000,00	60 000,00
Consultoría: Elaboración de un estudio de factibilidad SNIP	Estudio	1	80 000,00	80 000,00
Consultoría: Elaboración del expediente técnico	Estudio	1	140 000,00	140 000,00
Consultoría: Estudio de impacto ambiental	Estudio	1	50 000,00	50 000,00
Licenciamiento de la instalación	Estudio	1	50 000,00	50 000,00
Puesta en marcha de la planta	Operación	1	50 000,00	50 000,00
			Total: S/.	430 000,00

Tipo de cambio: USA \$ 1,00 = S/. 2,782 (nuevos soles)

(*) Fuente: Electron beam technology ebTech 550 yongsan-dong Yuseong-gu, Daejeon 305-500, Korea, (2009).

Tabla 9. *Inversión inicial de la planta de irradiación y producción de bioabono.*

Descripción	Costo (S/.)
1.1 Material y equipamiento	14'833 300,00
1.2 Servicios diversos	430 000,00
Total: S/.	15'263 300,00

Fuente: Elaboración propia, de tablas 7 y 8.

2. Inversión inicial de la red troncal de alcantarillado (22 Km aproximado)

2.1 Materiales y equipamiento de la red troncal de alcantarillado (22 Km aproximado)

Tabla 10. *Inversión inicial en materiales y equipamiento de la red troncal de alcantarillado (22 Km).*

Materiales y equipos	Unidad	Cantidad	Precio Unitario (S/.)	Inversión/ITEM (S/.)
Tubo PVC, Φ=2", L=3m	Tubo	734	10,50 ⁽¹⁾	7 707,00
Tubo PVC, Φ=4", L=3m	Tubo	3918	21,00 ⁽¹⁾	82 278,00
Tubo PVC, Φ=6", L=5m	Tubo	1930	78,00 ⁽¹⁾	150 540,00
Codo PVC, Φ=2", 90°	Codo	25	1,40 ⁽¹⁾	35,00
Codo PVC, Φ=4", 90°	Codo	110	5,60 ⁽¹⁾	616,00
Codo PVC, Φ=6", 90°	Codo	80	48,00 ⁽¹⁾	3 840,00
Buzón colector, incluye mano de obra, materiales y equipos	Buzón	112	1445,00 ⁽¹⁾	161 840,00
			Total: S/.	406 856,00

(1) Fuente: Constructora Grupo S10, "Costos construcción arquitectura e ingeniería" (2013).

2.2 Servicios diversos de la red troncal de alcantarillado

Tabla 10. Inversión inicial en servicios diversos de la red troncal de alcantarillado (22 Km).

Descripción del ítem	Unidad	Cantidad	Precio Unitario (S/.)	Costo (S/.)
Excavación con máquina, terreno semirocoso, H=1m, Tub. $\Phi_{int}=2"$	(m)	2 202	6,09 ⁽¹⁾	13 410,18
Excavación con máquina, terreno semirocoso, Tub. $\Phi_{int}=4"$	(m)	11 754	7,30 ⁽¹⁾	85 804,20
Excavación con máquina, terreno semirocoso, H=1m, Tub. $\Phi_{int}=6"$	(m)	9 650	7,30 ⁽¹⁾	70 445,00
Relleno compactado para zanja, terreno semirocoso, H=1m, Tub. $\Phi_N=2"$	(m)	2 202	28,01 ⁽¹⁾	61 678,02
Relleno compactado para zanja, terreno semirocoso, H=1m, Tub. $\Phi_N=4"$	(m)	11 754	34,44 ⁽¹⁾	404 807,76
Relleno compactado para zanja, terreno semirocoso, H=1m, Tub. $\Phi_N=6"$	(m)	9 650	34,44 ⁽¹⁾	332 346,00
Instalación y prueba hidráulica, Tub. $\Phi_N=2"$	(m)	2 202	8,40 ⁽²⁾	18 496,80
Instalación y prueba hidráulica, Tub. $\Phi_N=4"$	(m)	11 754	8,40 ⁽²⁾	98 733,60
Instalación y prueba hidráulica, Tub. $\Phi_N=6"$	(m)	9 650	8,40 ⁽²⁾	81 060,00
Consultoría: Elaboración de un perfil SNIP	Estudio	1	20 000,00	20 000,00
Consultoría: Expediente técnico	Estudio	1	100 000,00	100 000,00
			Total S/.	1'286 781,56

(1) Fuente: Constructora Grupo S10, "Costos construcción arquitectura e ingeniería" (2013).

(2) Fuente: Moreno Sotomayor, J. B. (2010).

Tabla 11. Inversión inicial total en la red troncal de alcantarillado.

Descripción	Costo (S/.)
2.1 Material y equipamiento	406 856,00
2.2 Servicios diversos	1'286 781,56
Total: S/.	1'693 637,56

Fuente: Elaboración propia, de tablas 10 y 9

3. Inversión inicial del sistema de tratamiento biológico y primario de aguas residuales municipales.

Tabla 12. Inversión inicial del sistema de tratamiento biológico y primario de aguas residuales municipales.

Descripción	Costo (S/.)
3.1 Material y equipamiento	2'203 233,60
3.2 Servicios diversos	230 000,00
Total: S/.	2'433 233,60

Fuente: Elaboración propia

Siguiendo el mismo procedimiento se ha estimado y obtenido, finalmente:

Tabla 13. Inversión inicial.

Descripción	Costo (S/.)
1. Planta de irradiación y producción de bioabono	15'263 300,00
2. Red troncal de aguas residuales tratadas	1'693 367,56
3. Sistema de tratamiento biológico de aguas residuales municipales	2'433 253,60
4. Tanque colector, tanque de homogenización y estación de bombeo	1'167 800,00
Total: S/.	20'557 721,16

Fuente: Elaboración propia

Costos operativos anuales fijos

Amortización del préstamo bancario: La inversión inicial M (20'557 721,2), será financiada a través de un préstamo bancario sometido a un interés anual I = 9%, por un periodo n = 20 años.

El monto anual fijo que se debe amortizar para cancelar la deuda (AAN), según Andrade Espinoza (2002), se calcula mediante la siguiente fórmula financiera.

$$AAN = \frac{M \left(1 + \frac{I}{100\%} \right)^n \left(\frac{I}{100\%} \right)}{\left(1 + \frac{I}{100\%} \right)^n - 1} = 2252053,3$$

Costos operativos anuales fijos

Tabla 14. Resumen de costos operativos anuales fijos, (COAF).

Descripción	Costo (S/.)
Amortización anual fija de la deuda (AAN)	2'252 053,30
Costos operativos laborales fijos	596 000,00
Depreciación anual	313 474,06
Total: S/.	3'163 527,36

Fuente: Elaboración propia

Costos operativos anuales variables

Tabla 14. Costos de mantenimiento.

Descripción	Inversión (S/.)	Porcentaje de la Inversión (%)	Costo anual de mantenimiento (S./año)
Red troncal de aguas residuales tratadas	1'693 367,56	3	50 801,03
Sistema de tratamiento biológico de aguas residuales municipales	2'433 253,60	3	72 997,61
Tanque colector, tanque de homogenización y estación de bombeo	1'167 800,00	3	35 034,00
Planta de irradiación y producción de bioabono	15,263 300,00	2	305 266,00
	20'557 721,16	(S./año):	464 098,64

Fuente: Elaboración propia

Tabla 15. Resumen de costos operativos anuales variables, (COAV).

Descripción del servicio	Costo anual (S/.)
Costos de mantenimiento	464 098,64
Suministro de electricidad, agua y arbitrios	489 940,00
Total: S./año	954 038,64

Fuente: Elaboración propia

Costos operativos anuales totales

Tabla 16. Resumen de costos operativos anuales totales, (COAT).

Descripción del servicio	Costo anual (S/.)
Costos operativos anuales fijos, (COAF)	3'163 527,36
Costos operativos anuales variables, (COAV)	954 038,64
Costo operativo anual total, (COAT):	4'117 566,00

Fuente: Elaboración propia

Costos operativos totales unitarios

Reportaremos el costo operativo total unitario (COTU), que corresponde al horizonte del proyecto, cuando la población es de 6 900 (habitantes) y el volumen de tratamiento de agua residual es 707,21 (m³/día). Se obtiene dividiendo el costo operativo anual total (COAT) entre el volumen de tratamiento de aguas residuales realizado durante el año.

$$COTU = \frac{COAT}{VAT} = \frac{4'117 566,00 \left(\frac{S/}{año} \right)}{707,21 \left(\frac{m^3}{día} \right) \left(\frac{365,25 \text{ día}}{año} \right)} = 16 \left(\frac{S/}{m^3} \right)$$

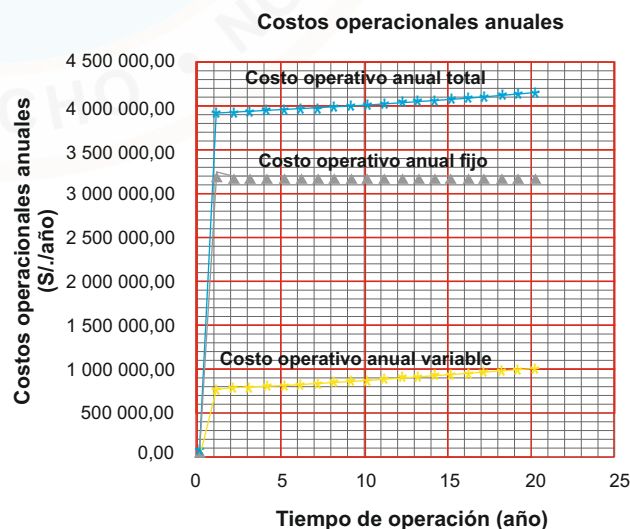


Figura 10. Costos operativos anuales en el horizonte del proyecto

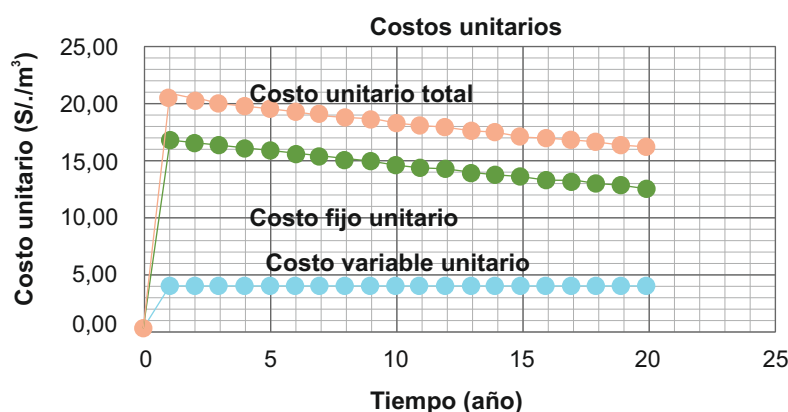


Figura 11. Costos unitarios en el horizonte del proyecto.

Valoración del bioabono producido en la planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR), ingresos y beneficios sociales

En el distrito de Lunahuaná para el año 2033, se estima un caudal de depuración de 707,21 (m³/día), según datos estimados en unidades previas del presente estudio. Este volumen de agua llega a las estaciones depuradoras de aguas residuales (tanques Imhoff), a través de colectores. La presencia de tipos de contaminantes muy variados en las aguas residuales urbanas obliga a realizar tratamientos específicos de las mismas.

Los tratamientos propuestos son de tipo mecánico, biológico e irradiación, y componen el pretratamiento, tratamiento primario, e irradiación.

Después de obtener el caudal de agua depurada, en tanques Imhoff, se producen residuos generados por el proceso de depuración. Dichos residuos son denominados los fangos o lodos de depuración, los cuales se vuelven a mezclar con el agua depurada. El objetivo principal del tratamiento primario (tanques Imhoff) es la digestión parcial de los sólidos digeribles de las aguas residuales municipales. Estas aguas tratadas a nivel primario se homogenizarán y luego serán sometidas a un proceso de desinfección por irradiación con haces electrónicos de mediana energía, convirtiéndose en un valioso bioabono líquido por su alto contenido de nutrientes para los cultivos de la zona agrícola.

Tabla 17. Aporte per cápita de constituyentes de aguas residuales municipales (g/hab/día).

Constituyente	Estado			DBO	DQO
	Mineral	Orgánico	Total		
Sólidos suspendidos	25	65	90 (36,00%)	42 (77,8%)	41 (71,9%)
Sedimentables	15	39	54 (21,60%)	19 (35,2)	16 (28,1%)
No sedimentables	10	26	36 (14,40%)	23 (42,6%)	25 (43,9%)
Sólidos disueltos	80	80	160 (64,00%)	12 (22,2)	16 (28,1%)
Sólidos totales	105	145	250 (100%)	54 (100%)	57 (100%)
Nitrógeno amoniacal			3,0 a 10,0		
Nitrógeno total			6,0 a 12,0		
Fósforo total			1,0 a 8,0		
Detergente			7,0 a 12,0		
Cloruros			5,0 a 10,0		
Potasio			2,0 a 6,0		
Microorganismos					
	(Bact/hab/día)		(Bact/hab/día)		
Bacterias totales					
Coliformes	10E11 - 10E12		10E11 - 10E12		
Termotolerantes	10E08 - 10E11		10E08 - 10E11		
Coliformes totales	10E09 - 10E11		10E09 - 10E11		
Estreptococo fecal	10E07 - 10E10		10E07 - 10E10		
Salmonella typhosa	10E01 - 10E04		10E01 - 10E04		
Clostridium	10E03 - 10E09		10E03 - 10E09		
Pseudomona auruginosa	10E05 - 10E07		10E05 - 10E07		
Bífido bacterium	10E10 - 10E13		10E10 - 10E13		
Bacteroides spp	10E10 - 10E13		10E10 - 10E13		
Quistes de protozoarios	10E01 - 10E03		10E01 - 10E03		
Huevos de helmintos	10E01 - 10E03		10E01 - 10E03		
Virus (UFP)	10E02 - 10E04		10E02 - 10E04		

Fuente: Rojas Vargas, Ricardo, (2002).

Composición estimada del bioabono líquido producido

Las sustancias consideradas fertilizantes contenidas en los efluentes de aguas residuales domésticas son esencialmente las siguientes: Nitrógeno (N), fósforo (P) y potasio (K), considerados macronutrientes de las plantas.

Las plantas absorben al nitrógeno en forma de iones nitrato (NO_3^-) y amonio (NH_4^+), el fósforo es absorbido en forma de iones fosfato (PO_4^{3-}) y fosfato ácido (HPO_4^{2-}), y el potasio es absorbido en su forma iónica (K^+).

El tanque Imhoff elimina del 40% al 50% de sólidos suspendidos y reduce la DBO de 25% a 35%. Los lodos acumulados en el digestor del tanque Imhoff se extraen periódicamente y se conducen a lechos de secado. En nuestro caso estos lodos se recombinarán con el efluente para su desinfección conjunta.

El proceso de digestión no altera el contenido total de las sustancias consideradas macronutrientes (N, P, K). Asimismo, el proceso de irradiación no afecta a estos componentes, en consecuencia podemos elaborar siguiente tabla 18, de contenidos de las aguas efluentes domésticas del distrito de Lunahuaná usando los datos de la tabla 17.

Tabla 18. Composición de nutrientes (NPK) del bioabono y las aguas residuales municipales tratadas, del distrito de Lunahuaná.

Nutriente	Aporte (g/hab/día)	Aporte población (g/día)	Concentración (mg/L)=ppm
Nitrógeno amoniacal	3 a 10	20 700 a 69 000	29,21 a 97,37
Nitrógeno total	6 a 12	41 400 a 82 800	58,42 a 117,0
Fósforo total	1 a 8	6 900 a 55 200	9,74 a 77,90
Potasio	2 a 6	13 800 a 41 400	19,47 a 58,42
Detergentes	7 a 12	48 300 a 82 800	68,16 a 116,85
Cloruros	5 a 10	34 500 a 69 000	48,69 a 97,37
Quistes, hongos y bacterias	-----	-----	esterilizado

Fuente: Elaboración propia

Tabla 19. Comparación de la composición de la solución hidropónica La Molina® y del bioabono producido en la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR).

Componente	Solución nutritiva hidropónica La Molina®	Bioabono líquido obtenido en la PTAR
N (ppm)	190	58,4 - 117,00
P (ppm)	35	9,74 - 77,90
K (ppm)	210	19,47 - 58,42
Ca ⁽¹⁾ (ppm)	150	-----
S ⁽¹⁾ (ppm)	70	-----
Mg ⁽¹⁾ (ppm)	45	-----
Fe (ppm)	1.00	-----
Mn (ppm)	0.50	-----
B ⁽¹⁾ (ppm)	0.50	-----
Zn (ppm)	0.15	-----
Cu (ppm)	0.10	-----
Mo (ppm)	0.05	-----

1 ppm (una parte por millón) = 1 mg/Litro

(*): Incluye las cantidades que aporta el agua.

Fuente: Universidad Nacional Agraria La Molina, (2012)

Tabla 20. Estimación de precios unitarios de la solución nutritiva hidropónica La Molina®

Precio de la solución (S/.)	Volumen de la solución nutritiva (L)	Precio de la solución nutritiva (*) (S/.)	Precio unitario de la solución nutritiva (S/./L)
15.00 ⁽¹⁾	200	15,20	0,076
85.00 ⁽¹⁾	1600	86,60	0,054
45.00 ⁽¹⁾	1000	46,00	0,046

(*): Se ha considerado el precio del agua en 1,00 (S/./m³)

(1)Fuente: Universidad Nacional Agraria La Molina, (2012)

Como precio referencial para el bioabono producido en la PTAR asumimos el valor 0,076 (S/./L). Asumimos el valor más alto, dado que el bioabono PTAR posee la cualidad adicional de ser estéril.

Siendo el agua residual municipal tratada de características similares a un biol, es una fuente orgánica de fitoreguladores en pequeñas cantidades, y es capaz de promover actividades fisiológicas y estimular el desarrollo de las plantas, sirviendo para: enraizamiento (aumenta y fortalece la base radicular), acción sobre el follaje (amplía la base foliar), mejora la floración y activa el vigor y poder germinativo de la semilla, traduciéndose todo esto en un aumento significativo de las cosechas.

El bioabono de la PTAR, por tener la calidad de estéril, podrá ser aplicado para abonar las plantas cultivadas en el interior del hogar y en jardinería del hogar.

Estimación de ingresos en el horizonte del proyecto

Vamos a considerar que la producción de bioabono es igual a la producción del agua efluente de la PTAR y esta es directamente proporcional a la población. En la tabla 21, se muestran los ingresos brutos por producción de bioabono PTAR, considerando un precio de 0,076 (S/./L) y una tasa de interés anual de 9%.

Tabla 21. Estimación de Ingresos del proyecto en el horizonte del proyecto.

Año I	Población (habitantes)	Volumen de bioabono PTAR (m³/año)	Ingreso anual bruto (S/./año)	Ingreso anual bruto actual (S/./año)
0	5 023	0,00	0,00	0,00
1	5 104	191 073,38	14'521 577,10	13'322 547,79
2	5 185	194 105,70	14'752 033,16	12'416 491,17
3	5 268	197 212,89	14'988 179,49	11'573 624,60
4	5 353	200 394,95	15'230 016,10	10'789 327,37
5	5 438	203 577,01	15'471 852,71	10'055 642,68
6	5 525	206 833,94	15'719 379,59	9'372 952,68
7	5 614	210 165,75	15'972 596,75	8'737 557,40
8	5 704	213 534,99	16'228 659,04	8'144 616,74
9	5 795	216 941,66	16'487 566,47	7'591 333,61
10	5 887	220 942,20	16'749 319,04	7'075 093,37
11	5 982	223 942,20	17'019 607,01	6'595 656,82
12	6 077	227 498,62	17'289 894,99	6'147 158,06
13	6 175	231 167,35	17'568 718,37	5'730 540,79
14	6 273	234 836,08	17'847 541,76	5'340 813,78
15	6 374	238 617,11	18'134 900,55	4'978 720,08
16	6 476	242 435,59	18'425 104,48	4'640 726,69
17	6 579	246 291,49	18'718 153,55	4'325 263,20
18	6 685	250 259,71	19'019 738,03	4'032 065,40
19	6 792	254 265,36	19'324 167,64	3'758 350,98
20	6 900	258 308,45	19'631 442,39	3'502 855,73
			Ingreso total actual del proyecto (S/.):	
			148'131 338,73	

Fuente: Elaboración propia

Beneficios sociales del proyecto

1. Beneficios en salud: El desarrollo del proyecto tendrá un impacto directo en la erradicación de enfermedades del sistema respiratorio, enfermedades digestivas, enfermedades parasitarias, enfermedades de la piel y tejido subcutáneo, en el distrito. Disminuyendo, en el mejor de los casos, las enfermedades en aproximadamente el 67% de la morbilidad actual.

2. Beneficios en agricultura: Para apoyar esta labor de agricultura, se podrá destinar parte del bioabono producido para regar los cultivos. Tomamos como referencia el cultivo de fresa que es el que demanda mayor cantidad de bioabono (480 L/Ha/semana), para estimar la cantidad de bioabono que se destinaría anualmente, para riego.

El volumen de bioabono líquido producido en el horizonte de proyecto es $V = 4\,461'848,010$ (L). Este volumen debe ser igual al producto de la intensidad de riego (R), por área de riego (A), por el tiempo de riego (T).

$$V (L) = R \left(\frac{L}{Ha \text{ sem}} \right) A (Ha) T (\text{año})$$

$$A (Ha) T (\text{año}) = \frac{V (L)}{R \left(\frac{L}{Ha \text{ sem}} \right) \left(\frac{52 \text{ sem}}{\text{año}} \right)} = \frac{4\,461'848,010 (L)}{480 \left(\frac{L}{Ha \text{ sem}} \right) \left(\frac{52 \text{ sem}}{\text{año}} \right)} = 178\,754,94 (Ha \text{ año})$$

El distrito de Lunahuaná consumiría en el horizonte del proyecto.

$$AT = 400 \text{ (Ha)} \cdot 20 \text{ (año)} = 8\,000 \text{ (Ha año)}$$

Que equivale al $4,48\% \approx 4,5\%$ de la capacidad de la PTAR. La producción restante ($\approx 95,5\%$), podría comercializarse con los agricultores de la provincia de Cañete o para ampliar las actividades agrícolas del distrito.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Andrade, S. (2002). *Preparación y Evaluación de Proyectos*. Lima: Lucero S.R.L.
- Constructora Grupo S10 (2013). Costos construcción arquitectura e Ingeniería. Lima, Perú, edición 232, Julio 2013.
- Electron beam technology ebTech 550 yongsan-dong Yuseong-gu, Daejeon 305-500, Korea, (2009). diapositiva de exposición "International Topical Meeting on Nuclear Research Applications and Utilization of Accelerators Vienna, Austria 4 - 8 May 2009". [Citado el 02 de Nov del 2011]. Disponible en: http://www.pub.iaea.org/MTCD/publications/PDF/P14_33_CD/datasets/presentations/SM-EB-23.pdf
- Moreno, J. (2010). Subgerencia de desarrollo urbano, Municipalidad distrital de Nuevo Imperial, Proyecto de Inversión Pública: "Rehabilitación y mejoramiento del sistema de alcantarillado y tratamiento de aguas residuales en el Cercado de Lunahuaná, distrito de Lunahuaná - Cañete - Lima", Código SNIP 17006, viable, Lunahuaná, 2010.
- Rojas Vargas, Ricardo. (2002). Coordinador de Proyectos Especiales CEPIS/OPS-OMS. Conferencia Sistemas de Tratamiento de Aguas Residuales, Curso Internacional "Gestión integral de tratamiento de aguas residuales". Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente. División de Salud y Ambiente. Organización Panamericana de la Salud. Organización Mundial de la Salud, 2002.
- Universidad Nacional Agraria La Molina, Centro de Investigación de Hidroponía y Nutrición Mineral. [Citado el 05 de Marzo, 2012]. Disponible en: <http://www.lamolina.edu.pe/hidroponia/solucion1.htm>



Figura 1. Observando las muestras recogidas de aguas residuales (planta de tratamiento de aguas residuales de Quilmaná).



Figura 2. Entrada a la laguna de aireación y conexión con la siguiente laguna (PTAR de Quilmaná).



Figura 3. Rejas de desbaste y desarenador de la PTAR de Quilmaná.



Figura 4. Preparación de humus a partir de desechos orgánicos vegetales (podas de parques y jardines) en el Parque Ecológico de la Municipalidad de San Borja.