



ANEXO 1

FORMATO PARA LA PRESENTACIÓN DE PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN
CON EL FINANCIAMIENTO DEL FEDU

1. Título del proyecto

RECUPERACION DE ZINC DE LAS AGUAS RESIDUALES DE LA CIUDAD DE JULIACA POR ADSORCIÓN CON ASERRIN DE PINO (*pinus sylvestris*)

2. Área de Investigación

Área de investigación	Línea de Investigación	Disciplina OCDE
Calidad ambiental	Tecnologías ambientales y recursos naturales	

3. Duración del proyecto (meses)

12 meses

4. Tipo de proyecto

Individual	<input type="radio"/>
Multidisciplinario	<input type="radio"/>
Director de tesis pregrado	<input checked="" type="radio"/>

4. Datos de los integrantes del proyecto

Apellidos y Nombres	Vera Alatrística Ciro Hernán	
Escuela Profesional	Ingeniería Química	
Celular	951690570	
Correo Electrónico	cvera@unap.edu.pe	

- I. Título (El proyecto de tesis debe llevar un título que exprese en forma sintética su contenido, haciendo referencia en lo posible, al resultado final que se pretende lograr. Máx. palabras 25)

Recuperación de zinc de las aguas residuales de la ciudad de Juliaca por adsorción con aserrín de pino (*pinus sylvestris*)

- II. Resumen del Proyecto de Tesis (Debe ser suficientemente informativo, presentando -igual que un trabajo científico- una descripción de los principales puntos que se abordarán, objetivos, metodología y resultados que se esperan)

La descarga de efluentes industriales contaminados con metales pesados en los cursos de agua son un grave problema a resolver, puesto que su presencia y acumulación provoca efectos tóxicos en las especies vivientes; sobre todo en la



salud humana y medio ambiente. El proceso de contaminación se inició en la década de los 60, pero es a partir de los 80 es donde se incrementa y se manifiestan los primeros síntomas, a consecuencia del crecimiento de la población de la Ciudad de Juliaca y a una falta de adecuados servicios públicos de alcantarillado, tratamiento de aguas y gestión de residuos sólidos. La ciudad de Juliaca tiene como receptor de los efluentes al río T´toro Q'ocha, cuyas aguas son afluentes del río Coata, cuyas aguas desembocan en el Lago Titicaca contribuyendo de esta manera a contaminar sus aguas luego al lago Titicaca. Para el tratamiento de efluentes líquidos que contienen metales pesados existen diferentes métodos de remediación, siendo los de mayor aplicación los siguientes: precipitación, intercambio iónico, osmosis inversa y adsorción. (Taty-Costodes *et al.*, 2003). La investigación utilizará los laboratorios de la Carrera Profesional de Ingeniería Química, el Objetivo será el de recuperar el zinc de las aguas residuales río T´toro Q'ocha de Juliaca utilizando aserrín de pino (*pinus sylvestris*). El método utilizado será a través del sistema Bath, se utilizarán relaciones de adsorción/solución de 1/20 y 1/40, el pH será de 4 a 7 y se determinará la cinética de adsorción cuyo comportamiento nos deberá indicar el porcentaje de recuperación del zinc

III. Palabras claves (Keywords) (Colocadas en orden de importancia. Máx. palabras: cinco)

Adsorción, aserrín de pino, zinc

IV. Justificación del proyecto (Describa el problema y su relevancia como objeto de investigación. Es importante una clara definición y delimitación del problema que abordará la investigación, ya que temas cuya definición es difusa o amplísima son difíciles de evaluar y desarrollar)

Los efectos tóxicos al ambiente causados por la presencia de zinc, está bien documentado. Se cuenta con procesos para remover el zinc de cuerpos de agua, pero éstos en ocasiones resultan costosos, por lo que métodos alternativos comienzan a ser estudiados.

Los efectos tóxicos del zinc a la biota son bien conocidos, y estos se deben a su habilidad para unirse a ligandos orgánicos causando desnaturalización de proteínas, disyunción de membranas y descomposición de metabolitos, además actúa como antimetabolito hacia nutrientes esenciales (Gavilán, 2004).

Cuando la gente absorbe demasiada cantidad de Zinc puede causar problemas de salud eminentes, como es úlcera de estómago, irritación de la piel, vómitos, náuseas y anemia. Niveles altos de Zinc pueden dañar el páncreas y disturbar



el metabolismo de las proteínas, y causar arterioesclerosis. Exposiciones al clorato de Zinc intensivas pueden causar desordenes respiratorios. (Gavilán, 2004).

Los contaminantes de las aguas residuales son normalmente una mezcla compleja de compuestos orgánicos e inorgánicos, normalmente no es posible ni práctico obtener un análisis completo de la mayoría de aguas residuales.

V. Antecedentes del proyecto (Incluya el estado actual del conocimiento en el ámbito nacional e internacional. La revisión bibliográfica debe incluir en lo posible artículos científicos actuales, para evidenciar el conocimiento existente y el aporte de la Tesis propuesta. Esto es importante para el futuro artículo que resultará como producto de este trabajo)

- Gavilán K. (2004). El propósito es utilizar microorganismos como biosorbente de metales pesados, ofrece una alternativa potencial a los métodos ya existentes para la destoxicación y recuperación de metales tóxicos o valiosos presentes en aguas residuales industriales.

Los experimentos sobre el efecto del pH en el proceso de biosorción de Zn (II) por microorganismos, mostraron que el rango óptimo de pH se encontraba entre 4.5 - 5.

Del estudio de la cinética del proceso de biosorción, se determinó que el equilibrio se alcanzó a las 4 horas del inicio del proceso de biosorción logrando un porcentaje de remoción de Zn (II) del 40%.

Los resultados de los experimentos en Bath se procesaron con la ayuda de las ecuaciones de Langmuir y Freundlich. La máxima capacidad de biosorción de Zn (II) por el proceso de biosorción (q máximo) fue de 141.05 mg/g.

- Agouborde M.L (2008), la remoción de zinc y cobre en borras de salmuera, aserrín y la mezcla de ambos residuos fue investigada por medio de experimentos Batch simples y ensayos en columnas.

La fijación máxima de zinc alcanzo valores de 2,29 y 5,59 mg/g para relaciones adsorbente/solución 1/20 y 1/40 respectivamente. En el caso del cobre, la máxima fijación fue obtenida en las borras de salmuera en donde se llegó a valores de 3,35 y 4,69 mg/g para las relaciones adsorbente/solución 1/20 y 1/40 respectivamente, siendo el modelo de Langmuir el que mejor se ajustó a las isothermas de adsorción.



- Vega Arciniegas *et al* (2011) Validó el método de espectroscopia de absorción atómica de llama para la determinación de Cobre y Zinc presentes en agua cruda y tratada. Las muestras fueron suministradas por el laboratorio previamente codificadas como 332-2 y 322-1 para agua cruda y agua tratada respectivamente; en el laboratorio se preservaron añadiendo HNO₃ concentrado hasta obtener un pH < 2, se almacenaron en envases plásticos previamente lavados con una solución nítrica al 10% (v/v) y enjuagados varias veces con agua destilada y finalmente, fueron conservadas a 4 °C hasta el momento de su análisis.

Para el desarrollo de la validación, se hizo uso de material volumétrico calibrado lavado adecuadamente con HNO₃ al 10% (v/v) y enjuagado con agua destilada. Las determinaciones se efectuaron con un espectrofotómetro de absorción atómica SHIMADZU AA-7000, mediante la técnica llama de aire-acetileno. Se usaron lámparas de cátodo hueco de Zinc y Cobre operando a 213,9 nm, corriente de 10 mA, ancho de banda de 0.7nm y 324,8 nm, corriente de 6 mA, ancho de banda de 0.7 nm respectivamente.

- Álvaro Orjuela, Paola (2007). Se evaluaron dos variedades de aserrín de pino (*Pinus cupresus*, *Pinus caribaeae*) para la remoción de Ni²⁺ presente en efluentes industriales. Un estudio comparativo a través de operaciones *batch* permitió establecer la influencia de la concentración inicial del metal, la relación adsorbente a efluente y la velocidad de agitación en el proceso de remoción. La variedad *Pinus cupresus* arrojó la mayor adsorción, 0,53 mg Ni/g, y esto, sumado a su fácil adquisición y bajo costo, lo hacen un adsorbente con gran potencial. Se ajustó un modelo cinético para la adsorción del metal y de modo paralelo se demostró que el fenómeno se da principalmente por intercambio iónico con Ca²⁺ y Mg²⁺ presentes en el aserrín. La torta húmeda residual puede disponerse por incineración ya que aproximadamente el 44% del níquel queda depositado en las cenizas. Finalmente se implementó una columna de adsorción piloto y se alcanzó una eficiencia de remoción del 57%.

- Rodrigo Navia D. (2008). La remoción de zinc por medio de borras de salmuera, las borras están constituidas principalmente por NaCl (Halita) y CaCO₃ (calcita), siendo el sodio seguido por el calcio los principales cationes de intercambio. Las isotermas de adsorción se ajustaron de mejor manera al modelo de Langmuir, presentando la mezcla valores de fijación máxima de 2,29 y 5,59 mg/g para relaciones adsorbente/solución 1/20 y 1/40 respectivamente. El



principal mecanismo implicado en la renovación de zinc en ambos materiales es el intercambio iónico sodio y calcio presentes en las borras y entre H^+ presentes en grupos funcionales del aserrín.

VI. Hipótesis del trabajo (Es el aporte proyectado de la investigación en la solución del problema)

Utilizando aserrín de pino (*pinus sylvestris*) se demuestra la eficacia del método de adsorción del zinc de las aguas residuales del río T'oro Q'ocha de la ciudad de Juliaca

VII. Objetivo general

Recuperación de zinc de las aguas residuales de la ciudad de Juliaca por adsorción, con aserrín de pino (*pinus sylvestris*).

VIII. Objetivos específicos

- Determinar la cinética de adsorción del zinc con aserrín de pino (*pinus sylvestris*).
- Determinar, a través de las isotermas de adsorción la capacidad máxima de remoción de zinc con aserrín de pino (*pinus sylvestris*).
- Definir la tecnología propuesta, dando a conocer los parámetros óptimos de pH, tiempo de adsorción y concentración de Zn^{2+} /g adsorbente, para la recuperación de zinc.

IX. Metodología de investigación (Describir el(los) método(s) científico(s) que se empleará(n) para alcanzar los objetivos específicos, en forma coherente a la hipótesis de la investigación. Sustentar, con base bibliográfica, la pertinencia del(los) método(s) en términos de la representatividad de la muestra y de los resultados que se esperan alcanzar. Incluir los análisis estadísticos a utilizar)

9. Preparación y caracterización de los adsorbentes

9.1. Aserrín

En esta experiencia se utilizará aserrín de pino (*pinus sylvestris*), el cual será obtenido de un aserradero en la ciudad de Juliaca. Previamente a su utilización, el aserrín será lavado varias veces con agua destilada, secado a $70^{\circ}C$ y posteriormente tamizado por medio de tamices N°18 (1 mm) y N°14 (1,4 mm).

El mayor porcentaje del total del aserrín tamizado deberá corresponder a tamaño de partículas menores a 1 mm (76,7 %), seguido por partículas de tamaño entre 1 y 1,4 mm (16,93 %) y partículas de tamaño mayores a 1,4 mm (6,37 %). Debido



a que el tamaño de partícula correspondiente a malla N°14 es considerablemente mayor que el resto.

9.2. Estudio preliminar

El estudio preliminar será realizado en botellas de plástico de 100 mL previamente lavadas con ácido nítrico (1:1, 50 % HNO₃ y 50% de agua destilada). Un volumen total de 20 mL de solución compuesta por el agua residual que contiene el metal zinc, KCl 0,1 M y agua desionizada fueron utilizadas junto con el adsorbente.

Para el aserrín se utiliza relaciones adsorbentes/solución (A/S) de 1/10, 1/20 y 1/40, correspondientes a 2, 1 y 0,5 gramos de adsorbente, respectivamente. El pH se mantendrá en 4, 7 y 10 por medio de HNO₃ o NaOH para las tres relaciones adsorbente solución.

Una vez agitadas las muestras por 24 horas a una velocidad de 100 rpm a 25°C, las muestras serán filtradas al vacío y la cantidad de metal remanente en el sobrenadante será cuantificada por medio de espectrofotometría de absorción atómica.

Los porcentajes de adsorción serán determinados mediante la siguiente ecuación:

$$\text{Porcentaje de adsorción} = \frac{(C_o - C_e) * 100}{C_o}$$

Siendo:

C_o = Es la concentración inicial del metal

C_e = Es la concentración de equilibrio en (mg/L).

9.3. Cinética de adsorción

La cinética de adsorción para el zinc será realizada en botellas de plástico de 100 mL. Un volumen total de 20 mL de solución compuesta por el metal (C_o= 75 mg/L), KCl 0,1 M y agua destilada serán incorporados al adsorbente. Para el aserrín se utilizarán relaciones A/S de 1/10, 1/20 y 1/40. El pH se mantendrá en rangos cercanos a 7 para el zinc.

Las muestras serán agitadas por 1 min, 2 min, 3 min, 4 min, 5 min, 15 min, 30 min, 45 min, 1 h, 2 h, 6 h, 8 h, 36 h y 48 h a una velocidad de 100 rpm



a 25 °C, luego serán filtradas, y la cantidad de metal remanente en el sobrenadante será cuantificada por medio de espectrofotometría de absorción atómica.

La cantidad adsorbida, será determinada mediante la siguiente ecuación:

$$\frac{x}{m} = \frac{(C_0 - C_e) * V}{M}$$

Siendo:

x/m = Es la cantidad adsorbida, (mg/g)

C_0 = Concentración inicial, (mg/L)

C_e = Concentración de equilibrio del metal, (mg/L)

V = Volumen de la solución acuosa, (L)

M = Masa de adsorbente utilizado, (g)

9.4. Modelo matemático para la investigación

9.4.1. Diseño Factorial de Experimentos

Es una técnica estadística que permite planificar eficientemente la experimentación de modo que con un número mínimo de ensayos se logra determinar la significancia de cada una de las variables independientes a ser evaluadas, el efecto de sus interacciones y se obtiene un modelo matemático empírico, que constituye la base para un proceso posterior de optimización.

El desarrollo de la presente investigación se basa en el diseño factorial de Kafarov, técnica de análisis estadístico que nos permitirá planificar y estimar adecuadamente los factores investigados.

Para nuestro caso los factores serán optimizados en experimentos factoriales generales, tomándose en cuenta tres factores con dos niveles.

Para la determinación de la muestra o número de experimentos, en un diseño factorial completo se da la siguiente ecuación:

$$N = 2^k$$

Donde:

N = Número total de experimentos

k = Número de variables

Por ejemplo: para nuestro caso, como hemos mencionado, se realiza un experimento que depende de tres factores y se plantea dos niveles, por lo que



se requerirán:

Número de experimentos = $N^k = 2^3 = 8$ experimentos

Cuya resolución será la siguiente:

Tabla 1. Análisis del Diseño Factorial 2^3

Nº DE EXPERIMENTOS	X ₀	X ₁	X ₂	X ₃	RESPUESTA
1	+1	-1	-1	-1	Y ₁
2	+1	+1	-1	-1	Y ₂
3	+1	-1	+1	-1	Y ₃
4	+1	+1	+1	-1	Y ₄
5	+1	-1	-1	+1	Y ₅
6	+1	+1	-1	+1	Y ₆
7	+1	-1	+1	+1	Y ₇
8	+1	+1	+1	+1	Y ₈
9	+1	-1,68	0	0	Y ₉
10	+1	0	+1,68	0	Y ₁₀
11	+1	0	0	-1,68	Y ₁₁

10. Referencias (Listar las citas bibliográficas con el estilo adecuado a su especialidad)

Castro, J. Blanco (2001) PINMATE, Universidad de Buenos Aires, Argentina
“Activación química del bagazo de caña para la obtención de carbones activados”

Carracedo, Magali Blanco (1978) ICIDCA, VI- XII N° 1 “Comportamiento del
carbón activado de bagazo con ácido fosfórico frente a licores industriales”.

Carranza, R; (1998). Tratamiento de Aguas y Reuso de Residuos Sólidos; curso
de Postgrado UNI;.



Lugo Lugo Violeta (2011) “Evaluación de un sistema redox-bimetálico acoplado a biosorción para la remoción de Zn y Cr (III) presente en soluciones acuosas”.

México

Mc Cabe / Smith (2002) “Operaciones Básicas de Ingeniería Química” Editorial Reverté S.A.- México, México

Mellis Rivera Alfredo, Medina Gonzales Lorena (2009) “Investigación para la obtención de carbón activo a Partir de bagazo de maíz”

Montgomery – Runger (1996) “Probabilidad y Estadística aplicadas a la Ingeniería” Edit. Mc Graw Hill. México

Taty-Costodes, V. C., Fauduet, H., Porte, C. and Delacroix, A. (2003). "Removal of Cd(II) and Pb(II) ions, from aqueous solutions, by adsorption onto sawdust of *Pinussylvestris*". *Journal of Hazardous Materials* B105: 121-142.

11. Uso de los resultados y contribuciones del proyecto (Señalar el posible uso de los resultados y la contribución de los mismos)

El tratamiento las aguas residuales utilizando materiales orgánicos tiene interés industrial porque eliminará potencialmente los metales pesados procedentes de las aguas residuales de la ciudad de Juliaca

El interés en procesos de descontaminación se debe a que los metales pesados son considerados perjudiciales para el medio ambiente. Actualmente en lo que respecta a las aguas residuales existen parámetros que indican cuales son los valores de límite máximo permisibles de estos contaminantes.

12. Impactos esperados

12.1.1. Impactos en Ciencia y Tecnología

El tratamiento de lixiviados tiene interés industrial porque elimina potencialmente a los metales pesados tóxicos procedentes de soluciones de residuos industriales de procedimiento metálico, puede conducir a una detoxicación y cura de la descarga ambiental.



12.1.2. Impactos económicos

El proceso de recuperación de zinc significa que, una vez recuperado el zinc como metal pesado, las aguas servirán como agua para el sembrado de productos de pan llevar en las zonas de influencia de esta investigación, lo cual significará menos uso de agua contaminada, lo que redundará en forma económica a las municipalidades.

12.1.3. Impactos sociales

El tener aguas sin contaminación de metales y un adecuado tratamiento de estas permitirá una mejor calidad de vida de las personas que viven cerca del río contaminado.

El tener aguas sin contaminación de metales y un adecuado tratamiento de las aguas residuales permitirá una mejor calidad de vida de las personas que viven cerca de los ríos en las diferentes áreas de influencia del río.

12.1.4. Impactos ambientales

El interés en procesos de descontaminación se debe a que los metales pesados son considerados perjudiciales para el medio ambiente, tanto para el agua del río, así como para la capa freática.

Actualmente en lo que respecta a contaminación de aguas subterráneas existen parámetros que indican cuales son los valores de límite máximo permisibles de estos contaminantes en el agua, según la OMS los valores límite para los metales pesados de las aguas residuales puede variar de acuerdo a los sectores industriales y a las regulaciones nacionales.

13. Recursos necesarios (Infraestructura, equipos y principales tecnologías en uso relacionadas con la temática del proyecto, señale medios y recursos para realizar el proyecto)

13.1. Materiales y equipos

- Espectrofotómetro de Absorción Atómica.
- pH-metro
- Agitador mecánico
- Equipo de filtración.
- Balanza analítica.
- Fiolas de 100 ml, Clase A
- Vasos de precipitado de 100, 400, 1000 mL



- Matraces Erlenmeyer de 100,250 mL
- Pipetas volumétricas (5mL, 10mL, 15mL y 25 mL)
- Baguetas de vidrio
- Embudos de vidrio de vástago largo
- Espátula de acero inoxidable
- Buretas
- Papel filtro
- Soporte de madera para embudos.

13.2. Reactivos

- Zn^{2+} (como $ZnCl_2$)
- Salmuera ($NaCl$)
- HNO_3

14. Localización del proyecto (indicar donde se llevará a cabo el proyecto)

El desarrollo del estudio de investigación se realizará en el ámbito de la ciudad de Puno y en los laboratorios de química de la Escuela Profesional de Ingeniería Química de la Universidad Nacional del Altiplano.

Ubicación:

Provincia : Puno

Departamento : Puno

Dirección : Av. Sesquicentenario N° 1150 – Puno

15. Cronograma de actividades

Actividad	Trimestres											
	I			II			III			IV		
Revisión Bibliográfica	■	■	■									
Información técnica				■	■	■						
Revisión de Estrategia Experimental				■	■	■						
Ordenamiento de Resultados							■	■	■			
Ejecución del Proyecto							■	■	■			
Redactar el informe Final										■	■	■



XVI. Presupuesto

Descripción	Unidad de medida	Costo Unitario (S/.)	Cantidad	Costo total (S/.)
• Papel bond A-4	Millar	25	5	125
• Materiales de escritorio	Varios	30	4	120
• Materiales de impresión	Varios	20	7	140
• Reactivos	Kilogramo	220	5	1100
• Costos de análisis	Varios	320	6	1920
• Movilidad	Varios	15	4	60
• Gastos de investigación	Varios	200	4	800
• Imprevistos				2000
TOTAL				6265