

Universidad de Lima  
Facultad de Ingeniería y Arquitectura  
Carrera de Ingeniería Industrial



**ESTUDIO DE LA VIABILIDAD TÉCNICO-  
AMBIENTAL DE LA APLICACIÓN DE  
PELLETS BASADOS EN VALVAS DE  
CONCHAS DE ABANICO Y EXOESQUELETOS  
DE LANGOSTINOS COMO ADSORBENTES  
PARA LA REMOCIÓN DE METALES PESADOS  
EN AGUA**

Tesis para optar el Título Profesional de Ingeniero Industrial

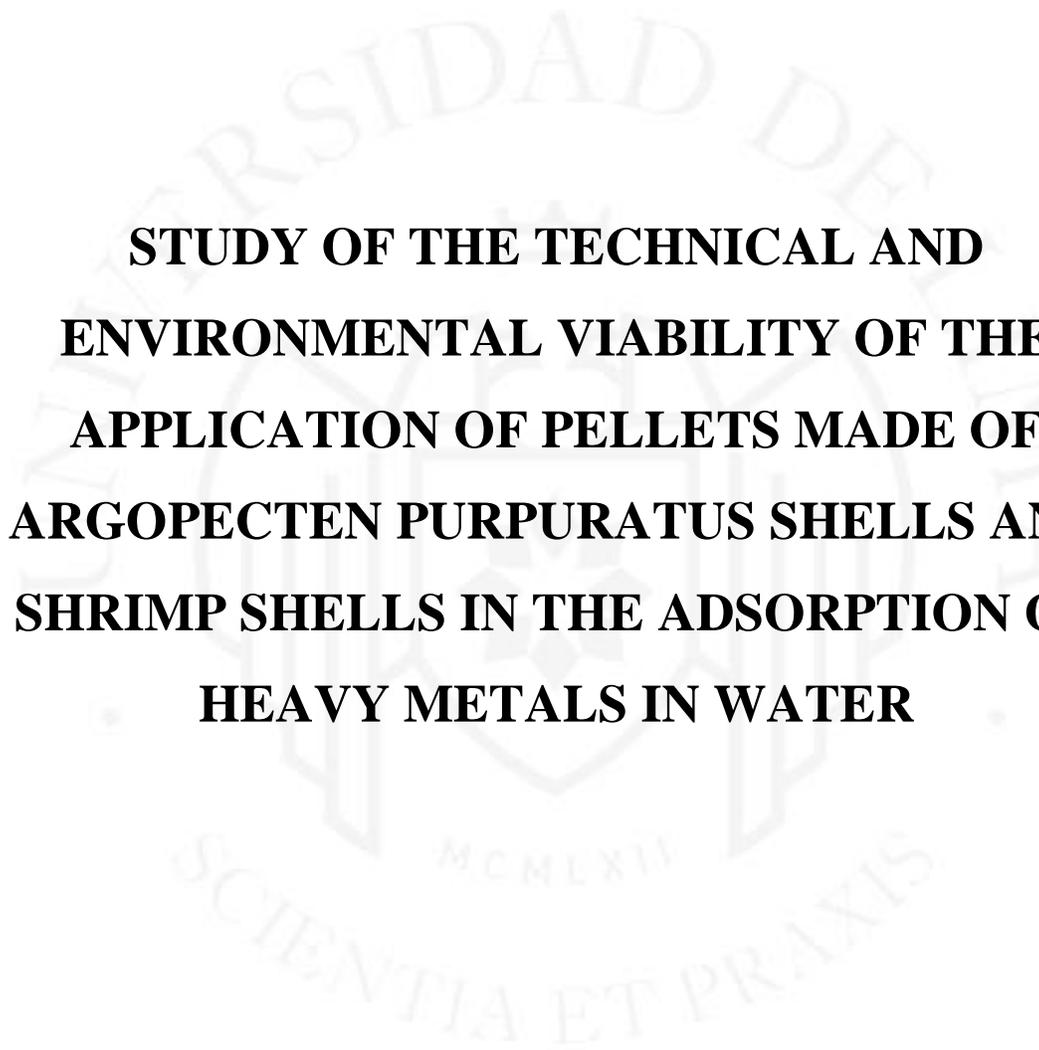
**Catherine Juliet Alva Urcia**  
**Código 20052449**

**Asesor**

**Silvia Patricia Ponce Álvarez**

Lima – Perú  
Agosto de 2021





**STUDY OF THE TECHNICAL AND  
ENVIRONMENTAL VIABILITY OF THE  
APPLICATION OF PELLETS MADE OF  
ARGOPECTEN PURPURATUS SHELLS AND  
SHRIMP SHELLS IN THE ADSORPTION OF  
HEAVY METALS IN WATER**

## AGRADECIMIENTOS

A Dios por darme esta oportunidad, que me ha permitido experimentar nuevas vivencias con personas que me han ayudado en mi crecimiento personal y profesional.

A mi padre, que desde el cielo, estará contento de verme culminar una etapa. A mi madre, mi inspiración diaria, a quien admiro y espero algún día alcanzar. A mi hermano, por motivarme día a día con su ejemplo. Y a toda mi familia, por amarme mucho y confiar en mí.

A mis amigas por todo su apoyo incondicional, por estar siempre para darme palabras de ánimo y exigirme también para continuar en el proceso.

Un agradecimiento especial a mi asesora por su exigencia, confianza, gran apoyo y sabias contribuciones en el desarrollo de esta tesis. Gracias Dra. Silvia Ponce Álvarez por toda la paciencia y esfuerzo también puesto en este trabajo.

Al Dr. Abel Gutarra Espinoza y al Dr. Javier Quino Favero, gracias por su tiempo y apoyo en la absolución de dudas que surgían durante el desarrollo de la presente tesis. Así mismo a mis profesores del laboratorio de Docimasia de la Universidad de Lima quienes también se daban un tiempo para la atención de mis preguntas.

Al Programa Nacional de Innovación en Pesca y Acuicultura (PNIPA) a través del proyecto “Mejoramiento de la calidad del agua utilizada en la crianza de truchas mediante el uso de pellets fabricados a partir de los desechos de las conchas de abanico y langostinos para la remoción de metales pesados” (Contrato N° 253-2018-PNIPA), por los recursos necesarios para la realización de este trabajo.

Muchísimas gracias de corazón a todos.

# TABLA DE CONTENIDO

<b>RESUMEN .....</b>	<b>xiv</b>
<b>ABSTRACT.....</b>	<b>xv</b>
<b>CAPÍTULO I: ASPECTOS GENERALES.....</b>	<b>1</b>
1.1. Problemática.....	1
1.2. Objetivos de la investigación .....	2
1.2.1. Objetivo general.....	2
1.2.2. Objetivos específicos .....	3
1.3. Marco referencial de la investigación .....	3
1.4. Descripción, alcance y limitaciones de la investigación.....	4
1.5. Justificación de la investigación .....	9
1.5.1. Técnica.....	9
1.5.2. Económica.....	10
1.5.3. Social.....	12
1.5.4. Ambiental.....	13
1.6. Hipótesis de la investigación.....	14
<b>CAPÍTULO II: ASPECTOS TEÓRICOS.....</b>	<b>15</b>
2.1. Conceptos generales.....	15
2.1.1. Sobre tratamientos de agua .....	15
2.1.2. Contaminación del agua con arsénico de origen minero .....	22
2.2. Conceptos básicos del arsénico y su toxicidad .....	25
2.3. Definición y características de la quitina .....	26
2.4. Métodos de extracción de la quitina .....	28

2.5.	Alcances sobre los langostinos .....	30
2.6.	Alcances sobre las conchas de abanico.....	34
2.7.	Estado del arte.....	38
<b>CAPÍTULO III: DISEÑO EXPERIMENTAL .....</b>		<b>42</b>
3.1.	Métodos de preparación.....	42
3.1.1.	Tratamiento químico para obtener Quitina .....	42
3.1.2.	Tratamiento biológico para obtener Quitina .....	44
3.1.3.	Obtención del polvo de las conchas de abanico.....	47
3.2.	Técnicas de caracterización .....	48
3.2.1.	Difracción de Rayos X (DRX).....	48
3.2.2.	Espectroscopía infrarroja con transformada de Fourier (FT-IR) .....	50
3.2.3.	Microscopía electrónica de barrido (SEM).....	52
3.2.4.	Análisis Termogravimétrico (TGA).....	53
3.3.	Determinación del porcentaje de quitina obtenida.....	55
3.4.	Pruebas de abrasión.....	55
3.5.	Determinación de la capacidad de adsorción de los pellets .....	56
3.6.	Pruebas de adsorción de arsénico en agua .....	57
<b>CAPÍTULO IV: RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....</b>		<b>59</b>
4.1.	Métodos de preparación.....	59
4.1.1.	Método elegido para preparación de quitina.....	59
4.2.	Resultados de la caracterización de los materiales .....	60
4.2.1.	Difracción de Rayos X (DRX).....	60
4.2.2.	Espectroscopía infrarroja con transformada de Fourier (FT-IR) .....	62
4.2.3.	Microscopía electrónica de barrido (SEM).....	63
4.2.4.	Análisis termogravimétrico (TGA).....	64

4.2.5.	Resultados de la prueba de determinación de pureza de quitina.....	67
4.2.6.	Resultados de las pruebas de abrasión .....	67
4.3.	Resultados sobre la remoción de arsénico en agua .....	68
4.3.1.	Estudio de la adsorción de azul de metileno utilizando pellets con diferente contenido de quitina y conchas de abanico.....	68
4.3.2.	Estudio de la remoción de arsénico en agua utilizando pellets con diferente contenido de quitina.....	70
<b>CAPÍTULO V: TECNOLOGÍAS EXISTENTES Y PROCESO DE PRODUCCIÓN</b>		<b>71</b>
5.1.	Naturaleza de la tecnología requerida.....	71
5.2.	Proceso de producción .....	73
5.2.1.	DOP.....	77
5.2.2.	Diagrama de balance de materia .....	79
5.2.3.	Diagrama de Sankey .....	81
5.2.4.	Diagrama de flujo detallado.....	82
5.3.	Características de las instalaciones y equipos.....	84
5.4	Aspectos de calidad.....	92
5.5	Sistema de mantenimiento de equipos .....	95
<b>CAPÍTULO VI: ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL</b>		<b>97</b>
6.1	Evaluación de los impactos ambientales en el proceso de producción.....	97
6.2	Identificación de aspectos e impactos ambientales en el proceso del diseño experimental.....	100
6.3	Producción más limpia.....	101
6.4	Ciclo de vida del producto .....	103
<b>CAPÍTULO VII: SEGURIDAD Y SALUD OCUPACIONAL</b>		<b>106</b>
<b>CONCLUSIONES</b>		<b>110</b>
<b>RECOMENDACIONES</b>		<b>112</b>

<b>GLOSARIO DE TÉRMINOS.....</b>	<b>113</b>
<b>REFERENCIAS.....</b>	<b>115</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA .....</b>	<b>120</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>125</b>



## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1 Disponibilidad hídrica a nivel nacional según vertiente en el 2019 (Hm <sup>3</sup> ) .....	1
Tabla 1.2 Producción de cobre según región .....	5
Tabla 1.3 Producción de oro según región.....	6
Tabla 1.4 Regiones de mayor producción de cobre y oro .....	7
Tabla 1.5 Condiciones ambientales .....	9
Tabla 1.6 PBI del sector agricultura, ganadería, caza y silvicultura para los principales productores de arsénico.....	11
Tabla 1.7 Distribución del PBI en Arequipa .....	11
Tabla 1.8 Distribución del PBI en La Libertad .....	12
Tabla 1.9 Índice de pobreza de los principales productores de arsénico .....	13
Tabla 2.1 Oxidantes utilizados en la oxidación de arsenito a arseniato, sus condiciones de operación y propiedades.....	17
Tabla 2.2 Concentraciones de arsénico por distrito y tipo de fuente 2012 .....	23
Tabla 2.3 Propiedades químicas del arsénico .....	25
Tabla 2.4 Composición general de las cabezas de langostino .....	31
Tabla 2.5 Clasificación taxonómica de la concha de abanico .....	35
Tabla 2.6 Producción de conchas de abanico .....	38
Tabla 4.1 Características según cada método de extracción .....	59
Tabla 4.2 Porcentaje de adsorción de azul de metileno .....	69
Tabla 5.1 Tecnología existente para la producción de quitina .....	71
Tabla 5.2 Tecnología existente para la producción de polvo de concha de abanico .....	72
Tabla 5.3 Tecnología existente para la producción de goma de tara .....	73
Tabla 5.4 Tecnología existente para la producción de pellets .....	73
Tabla 5.5 Balanza Industrial .....	85

Tabla 5.6 <i>Licuada Industrial</i> .....	85
Tabla 5.7 <i>Reactor con chaqueta y agitador</i> .....	86
Tabla 5.8 <i>Filtro prensa</i> .....	86
Tabla 5.9 <i>Lavadora Industrial</i> .....	87
Tabla 5.10 <i>Tina de lavado</i> .....	87
Tabla 5.11 <i>Trituradora de mandíbula</i> .....	88
Tabla 5.12 <i>Molino de discos</i> .....	88
Tabla 5.13 <i>Tamiz vibratorio</i> .....	89
Tabla 5.14 <i>Pulverizadora de anillos vibratorio</i> .....	89
Tabla 5.15 <i>Molino de bolas</i> .....	90
Tabla 5.16 <i>Estufa de convección forzada</i> .....	90
Tabla 5.17 <i>Mezcladora de polvo</i> .....	91
Tabla 5.18 <i>Pelletizadora</i> .....	91
Tabla 5.19 <i>Dosificadora y empacadora</i> .....	92
Tabla 5.20 <i>Etiquetadora</i> .....	92
Tabla 5.21 <i>Plan de Mantenimiento de los equipos del proceso de producción</i> .....	96
Tabla 6.1 <i>Rangos del nivel de significancia</i> .....	98
Tabla 6.2 <i>Matriz causa-efecto del proceso de elaboración de pellets hechos a base de conchas de abanico y quitina de langostinos</i> .....	99
Tabla 6.3 <i>Impactos y medidas correctoras de las operaciones del proceso de producción</i> .....	100
Tabla 6.4 <i>Aspectos e impactos ambientales durante el diseño experimental</i> .....	101
Tabla 7.1 <i>Matriz IPERC</i> .....	107
Tabla 7.2 <i>Índices de probabilidad de ocurrencia</i> .....	109
Tabla 7.3 <i>Índices de gravedad del daño</i> .....	109

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 <i>Mapa de proyectos mineros y lagunas de producción acuícola</i> .....	8
Figura 2.1 <i>Proceso de desionización del agua por intercambio iónico</i> .....	19
Figura 2.2 <i>Esquema de una electrocoagulación</i> .....	21
Figura 2.3 <i>Mapa de lugares muestreados y la actividad minera relacionada</i> .....	24
Figura 2.4 <i>Molécula de la quitina</i> .....	27
Figura 2.5 <i>Penaeus Vannamei</i> .....	31
Figura 2.6 <i>Mapa de países productores de Penaeus Vannamei</i> .....	32
Figura 2.7 <i>Distribución de consumo mundial de especies acuícolas, 1995-2015 (%)</i> .....	32
Figura 2.8 <i>Cosecha de recursos hidrobiológicos procedentes de la actividad acuícola en 2017</i> .....	33
Figura 2.9 <i>Exportaciones de recursos hidrobiológicos procedentes de la actividad acuícola 2017</i> .....	33
Figura 2.10 <i>Estructura externa de la concha de abanico</i> .....	35
Figura 2.11 <i>Anatomía interna de la concha de abanico</i> .....	36
Figura 2.12 <i>Principales bancos de concha de abanico en la costa peruana</i> .....	37
Figura 3.1 <i>Diagrama de bloques para el tratamiento químico de la quitina</i> .....	43
Figura 3.2 <i>Elaboración de Quitina por método químico</i> .....	44
Figura 3.3 <i>Quitina extraída por método químico</i> .....	44
Figura 3.4 <i>Diagrama de bloques para el tratamiento biológico de la quitina</i> .....	46
Figura 3.5 <i>Elaboración de Quitina por método biológico</i> .....	46
Figura 3.6 <i>Quitina extraída por método biológico</i> .....	47
Figura 3.7 <i>Ley de Bragg</i> .....	49
Figura 3.8 <i>Difractómetro de polvo Bruker D8</i> .....	50
Figura 3.9 <i>Portamuestra de sección circular</i> .....	50

Figura 3.10 <i>Espectrofotómetro FTIR (Nicolet iS10 Thermo Scientific)</i> .....	51
Figura 3.11 <i>Microscopio Electrónico de Barrido Zeiss EVO MA10</i> .....	53
Figura 3.12 <i>Termograma donde se indica la pérdida de masa (%peso) vs. la temperatura de calentamiento de la muestra</i> .....	54
Figura 4.1 <i>Difractograma de la quitina obtenida por el método químico con HCl</i> .....	61
Figura 4.2 <i>Difractograma del polvo de conchas de abanico</i> .....	62
Figura 4.4 <i>Microscopía electrónica de barrido (SEM) para la concha de abanico</i> .....	64
Figura 4.5 <i>Análisis Termogravimétrico (TGA) para la quitina</i> .....	65
Figura 4.6 <i>Análisis Termogravimétrico (TGA) para quitina tratada con Ácido Acético</i> ...	66
Figura 4.7 <i>Análisis Termogravimétrico (TGA) para la concha de abanico</i> .....	67
Figura 4.8 <i>Espectros de adsorción UV-visible de los pellets expuestos a una solución de azul de metileno (30 ppm)</i> .....	68
Figura 4.9 <i>Pellets de quitina: concha de abanico (30:70) después del proceso de adsorción</i> .....	69
Figura 4.10 <i>Adsorción de arsénico</i> .....	70
Figura 6.1 <i>Ciclo de vida de ambos adsorbentes</i> .....	105

## ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1: Protocolo para medir actividad enzimática .....	126
Anexo 2: Estudio de mercado .....	128
Anexo 3: Localización de planta .....	131
Anexo 4: Tamaño de planta .....	133
Anexo 5: Ingeniería del Proyecto .....	136
Anexo 6: Aspectos económicos .....	143
Anexo 7: Pliego tarifario Luz del Sur - noviembre 2019 .....	151
Anexo 8: Asignaciones máximas de consumo – por agua y alcantarillado .....	153
Anexo 9: Ficha de datos de seguridad de Ácido Clorhídrico .....	154
Anexo 10: Ficha de datos de seguridad de Hidróxido de Sodio .....	168
Anexo 11: Ficha de datos de seguridad de Ácido Acético .....	183

## RESUMEN

El tema de investigación es el estudio de la viabilidad técnico- ambiental de la aplicación de pellets basados en valvas de conchas de abanico y exoesqueletos de langostinos como adsorbentes para la remoción de metales pesados en aguas.

El arsénico es un elemento natural con propiedades metálicas y no metálicas. La exposición prolongada al arsénico inorgánico puede causar intoxicación crónica. Este puede encontrarse en cuatro estados de oxidación: 0 (elemental), +3 (trivalente, arsenitos), +5 (pentavalente, arseniatos) y -3 (arsina). Las formas trivalentes tanto orgánicas como inorgánicas son más tóxicas que las pentavalentes. La OMS ha encontrado grandes concentraciones de arsénico en agua potable en la Oroya donde se procesa plomo, cobre y zinc. En este sentido para contribuir con el cuidado del medio ambiente, se ha propuesto trabajar con el polvo de las conchas de abanico y la quitina de los langostinos para elaborar pellets compactados con ayuda de la goma de tara, para descontaminar las aguas procedentes de la industria minera.

El polvo de las conchas de abanico contiene en su composición mayoritariamente carbonato de calcio, y la quitina estudiada por varios investigadores posee grandes propiedades de adsorción de contaminantes. El pellet más efectivo luego de las pruebas de laboratorio resultó siendo de la siguiente composición: 30 % de quitina y 70 % de concha de abanico removiendo a los 90 minutos el 20% de arsénico.

**Palabras clave:** Quitina, langostinos, concha de abanico, arsénico, tratamiento del agua, adsorción, *Argopecten purpuratus*, *Litopenaeus vannamei*

## ABSTRACT

The main objective of this research is the study of the technical - environmental viability of the application of pellets based on exoskeletons of shrimps and scallops as adsorbents for the removal of heavy metals in water.

Arsenic is a natural element with metallic and non-metallic properties, prolonged exposure to inorganic arsenic can cause chronic intoxication, it can be found in four oxidation states: 0 (elemental), +3 (trivalent, arsenites), +5 (pentavalent, arsenates) and -3 (arsine), both the organic and inorganic trivalent forms are more toxic than the pentavalent ones. The WHO has found large concentrations of arsenic in drinking water in La Oroya where lead, copper and zinc are processed. In this context to contribute with the environment and decontaminate the water of industry mining, it has been proposed to make the powder of scallop shells and chitin of shrimps to produce compacted pellets with Tara gum.

The powder of scallop shells contains mainly calcium carbonate, and the chitin studied by various researchers has great adsorption properties for pollutants. The most effective pellet after laboratory tests was of the following composition: 30% chitin and 70% scallop powder, this pellets remove 20% arsenic after 90 minutes.

**Keywords:** Chitin, shrimp, arsenic, water treatment, adsorption. *Argopecten purpuratus*, *Litopenaeus vannamei*

# CAPÍTULO I: ASPECTOS GENERALES

## 1.1. Problemática

El agua es un recurso natural necesario para la supervivencia del ser humano. El consumo mundial de agua se dobla cada 20 años (un ritmo dos veces mayor que el crecimiento humano), en la medida que se incrementa la población del mundo será necesario el acceso a mayor cantidad de agua de calidad (Autoridad Nacional del Agua, 2017).

Las tres cuartas partes de la superficie de la tierra, es agua; aproximadamente el 97,5% es agua salada y el 2,5% es agua dulce; de este porcentaje el 70% son glaciales, nieve o hielo; el 30% son aguas subterráneas de difícil acceso y menos del 1% es agua superficial, disponible para consumo humano y los ecosistemas (presente en ríos, lagos, etc.) (Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, 2002).

Según estadísticas de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO, del inglés Food and Agriculture Organization) el Perú se encuentra en el puesto 8 del Ranking mundial de países con mayor cantidad de agua dulce, luego de Brasil, Rusia, Canadá, Indonesia, China, Colombia y EEUU. Dentro de esta categoría de aguas dulces, en el Perú se cuenta principalmente con agua superficial, así como se muestra en la Tabla 1.1. y la mayor parte de esta agua superficial se destina para uso Agrícola (80%) seguido del uso poblacional (12%), Industrial (6%) y Minero (2%) (Autoridad Nacional del Agua, 2017).

**Tabla 1.1**

*Disponibilidad hídrica a nivel nacional según vertiente en el 2019 (Hm<sup>3</sup>)*

Vertiente	Pacífico	Atlántico	Titicaca	Total
Superficial	34 136	1 895 226	6 259	1 935 621
Subterránea	3 124	542 992	614	546 730

*Nota.* De Perú Anuario de estadísticas ambientales 2019, por Instituto Nacional de Estadística e Informática, 2019 ([https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones\\_digitales/Est/Lib1704/libro.pdf](https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1704/libro.pdf)).

Los usuarios de las aguas de uso agrícola y uso poblacional son los más afectados con cualquier contaminante que pueda contener el agua. En esta investigación se tratará el caso del arsénico en particular. El arsénico es un elemento natural de la corteza terrestre; ampliamente distribuido en todo el medio ambiente, está presente en el aire, agua y la tierra. En su forma inorgánica es muy tóxico. La exposición prolongada al arsénico inorgánico, principalmente a través del consumo de agua contaminada o comida preparada con esta y cultivos regados con agua rica en arsénico puede causar intoxicación crónica. Los efectos más característicos son la aparición de lesiones cutáneas y cáncer de piel (Organización Mundial de la Salud, 2018).

En el 2012, la Organización Mundial de la Salud (OMS) realizó una investigación en 12 distritos del Perú, se analizó un total de 151 muestras de agua (111 muestras de agua subterránea y 40 muestras de agua superficial) se encontró niveles de arsénico por encima de lo establecido ( $10\mu\text{g/L}$ ) para agua potable. En el 86% (96/111) de las muestras de agua subterránea el arsénico superó el límite de  $10\mu\text{g/L}$ . El 56% (62/111) de las muestras superó el umbral de Bangladesh de  $50\mu\text{g/L}$ ; la concentración media de las 111 muestras de agua subterránea era de  $54.5\mu\text{g/L}$  (Organización Mundial de la Salud, 2014). De las 40 muestras de agua superficial, el 50% (20) tenían concentraciones de arsénico mayores a  $10\mu\text{g/L}$ . La concentración media de las muestras de agua superficial era de  $12,2\mu\text{g/L}$ .

Existen numerosos métodos para el tratamiento de metales pesados en agua, pero muchos de estos son costosos además de complicados en su uso. Uno de los métodos más prometedores es la adsorción, el cual es económico, amigable con el medio ambiente y eficiente. Entonces se propone en esta tesis, la aplicación del método de adsorción de metales pesados en agua con ayuda de pellets basados en conchas de abanico y quitina, como alternativa para la remoción de arsénico en agua.

## **1.2. Objetivos de la investigación**

### **1.2.1. Objetivo general**

Remover el arsénico presente en el agua utilizando pellets basados en polvo de conchas de abanico con quitina extraída de los exoesqueletos de los langostinos.

### 1.2.2. Objetivos específicos

- Definir las propiedades físico-químicas relevantes del adsorbente para la remoción del arsénico presente en el agua.
- Identificar los aspectos e impactos ambientales del proceso de producción de pellets.
- Disminuir la concentración de arsénico en los cuerpos de agua.
- Determinar la existencia de tecnología adecuada para la preparación óptima de los pellets a escala industrial.

### 1.3. Marco referencial de la investigación

- **Título:** Desarrollo y evaluación de un material adsorbente a partir de residuos orgánicos para la adsorción de Cu en soluciones sintéticas.

**Autores:** Delia Ivonne Salazar Caya y Lisethe Aurora Rodriguez Quispe

**Resumen:** En esta tesis se propone utilizar la cáscara de huevo, conchas marinas, carbón activado y arcilla bentonita para formar pellets y usarlos para tratamiento de aguas mediante adsorción de Cu. Se enfatiza que es un tratamiento de bajo costo y con alta capacidad de remover metales pesados. Los resultados de la investigación fueron favorables ya que se obtuvo un 99,88% de adsorción de Cu en un tiempo de contacto de 8 horas y con una relación de cáscara de huevo: conchas marinas de 1:4 (Salazar Caya, D. & Rodriguez Quispe, 2017).

- **Título:** Un nuevo método para la extracción de quitina a partir de los caparazones de cangrejo y langostinos.

**Autores:** Murat Kaya, Talat Baran y Muhsin Karaarslan

**Resumen:** En este artículo se plantea dos etapas de blanqueo con hipoclorito de sodio (NaClO) antes de las etapas de desmineralización y desproteización para la obtención de la quitina por medio químico. El proceso se resume de la siguiente manera: dos etapas de blanqueo con hipoclorito de sodio (NaClO) al 3% por 10 minutos cada una a una temperatura de 100°C, seguidas de una etapa de desmineralización con ácido clorhídrico (HCl) 1M por 15 minutos a una temperatura de 75°C; y finalmente una etapa de desproteización con hidróxido de sodio (NaOH) 1M por 20 minutos a una temperatura de 100°C. Se concluye

que la ventaja de este método con respecto a la clásica obtención de la quitina comercial es el tiempo y la energía que se ahorra (Kaya, Murat; Baran, Talat; Karaarslan, 2015).

- **Título:** Extracción, modificación química y caracterización de quitina y quitosano.

**Autores:** Hakima El Knidri, Raja Belaabed, Abdellah Addaou, Ali Laajeb y Ahmed Lahsini.

**Resumen:** Este artículo profundiza y muestra un cuadro comparativo de las dos diferentes formas de extraer quitina, tanto la química como la biológica. Detalla los procedimientos para extraer quitina a partir de diferentes fuentes, por ejemplo, a partir del exoesqueleto de los escarabajos, de las escamas de pescado, del exoesqueleto de insectos y gusanos y también de los caparzones de langostinos. En un ejemplo con el *Litopenaeus Vannamei* explica como es el procedimiento biológico con ácido láctico para la desmineralización y con la enzima Alcalasa para la hidrolisis enzimática (El Knidri, Hakima; Belaabed, Raja; Addaou, Abdellah; Laajeb, Ali; Ahmed, 2018).

#### **1.4. Descripción, alcance y limitaciones de la investigación**

##### **Descripción**

La tesis de investigación es el estudio de la viabilidad técnico-ambiental de la aplicación de pellets basados en valvas de conchas de abanico y exoesqueletos de langostinos como adsorbentes para la remoción de metales pesados en aguas. Esta investigación se basará en experimentos que demuestren la viabilidad del producto diseñado.

En el capítulo dos, se investigará sobre los aspectos teóricos relacionados al tratamiento de aguas, el origen del arsénico en aguas, conceptos básicos del arsénico y su toxicidad y la definición y características tanto de las conchas de abanico como de la quitina. En el capítulo tres, se detallará el diseño experimental del producto, el cual incluye el método de preparación, las técnicas de caracterización y las pruebas de adsorción.

Se realizará el análisis de los resultados de las pruebas y se detallará el proceso de producción definido. Finalmente, se procederá con el estudio de impacto ambiental de los procesos y la evaluación del ciclo de vida del producto.

## Alcance

El alcance geográfico de la presente investigación abarcará todas aquellas localidades donde se sitúen las fundiciones de cobre y oro, debido a que el arsénico se encuentra en forma de impurezas en estos minerales metálicos. A continuación, se presentarán los cuadros de reservas metálicas por regiones tanto para el cobre como para el oro.

**Tabla 1.2**

*Producción de cobre según región*

Producto/región	Enero			
	2018	2019	Var%	Part. %
Arequipa	39 707	44 047	10,9%	21,9%
Apurímac	31 724	41 692	31,4%	20,7%
Ancash	32 715	32 612	-0,3%	16,2%
Cusco	29 488	25 333	-10,7%	13,1%
Tacna	12 314	14 693	19,3%	7,3%
Junín	16 732	13 310	-20,5%	6,6%
Moquegua	9 251	12 650	36,7%	6,3%
Ica	4 842	4 970	2,7%	2,5%
Pasco	4 565	4 000	-12,4%	2,0%
Lima	2 852	2 745	-3,7%	1,4%
Cajamarca	2 246	2 456	9,4%	1,2%
Huancavelica	1 038	1 144	10,2%	0,6%
Puno	399	357	-10,6%	0,2%
Huánuco	144	173	19,8%	0,1%
Ayacucho	17	36	111,1%	0,0%
<b>Cobre/TMF</b>	<b>188 033</b>	<b>201 217</b>	<b>7,0%</b>	<b>100%</b>

Nota. De Perú: *País líder de los metales del futuro*, por Ministerio de Energía y Minas, 2019 (<https://www.minem.gob.pe/minem/archivos/file/Mineria/PUBLICACIONES/VARIABLES/2019/2BEMEN E2019.pdf>)

**Tabla 1.3***Producción de oro según región*

Producto/región	Enero		Var%	Part. %
	2018	2019		
La Libertad	3 040 046	2 592 216	-14,7%	24,8%
Cajamarca	2 196 806	2 353 235	7,1%	22,5%
Arequipa	1,952,796	1 467 430	-24,9%	14,0%
Ayacucho	1 063 617	1 145 513	7,7%	10,9%
Puno	950 416	853 641	-10,2%	8,2%
Madre de Dios	869 619	772 292	-11,2%	7,4%
Tacna	260 965	278 261	6,6%	2,7%
Cusco	425 897	256 139	-39,9%	2,4%
Ancash	238 918	223 492	-6,5%	2,1%
Pasco	188 709	131 782	-30,2%	1,3%
Apurímac	117 013	113 933	-2,6%	1,1%
Piura	47 159	78 683	66,8%	0,8%
Junín	55 513	58 130	4,7%	0,6%
Huancavelica	49 569	50 956	2,8%	0,5%
Lima	47 524	46 922	-1,3%	0,4%
Moquegua	31 506	36 073	14,5%	0,3%
Ica	12 498	4 319	-65,4%	0,0%
<b>Oro/G Finos</b>	<b>11 548 570</b>	<b>10 463 017</b>	<b>-9,4%</b>	<b>100%</b>

Nota. De *Perú: País líder de los metales del futuro*, por Ministerio de Energía y Minas, 2019  
 (<https://www.minem.gob.pe/minem/archivos/file/Mineria/PUBLICACIONES/VARIABLES/2019/2BEMEN E2019.pdf>)

Entonces el alcance geográfico abarcará aquellas localidades que tengan una mayor producción de cobre y oro a la vez, debido a que éstas son las principales fuentes de contaminación del agua con arsénico.

**Tabla 1.4**

*Regiones de mayor producción de cobre y oro*

<b>Región</b>	<b>Producción de Cobre</b>	<b>Producción de Oro</b>
Arequipa	21,9%	14,00%
La Libertad	0,08%	24,8%
Apurímac	20,7%	1,1%
Ancash	16,2%	2,1%
Cajamarca	1,2%	22,50%

Nota. De *Perú: País líder de los metales del futuro*, por Ministerio de Energía y Minas, 2019 (<https://www.minem.gob.pe/minem/archivos/file/Mineria/PUBLICACIONES/VARIABLES/2019/2BEMENE2019.pdf>)

En la Figura 1.1 se muestra un mapa con la ubicación de los principales proyectos mineros en triángulos de color beige, negro y rojo además de las lagunas para desarrollo acuícola en color turquesa.

**Figura 1.1**

*Mapa de proyectos mineros y lagunas de producción acuícola*



Nota. De Perú: país de oportunidades, por Lampadia, 2017, (  
<https://www.lampadia.com/analisis/infraestructuras/peru-pais-de-oportunidades/>)

## **Limitaciones**

Entre las limitaciones para la investigación se encuentra las condiciones ambientales con las que se trabajará; debido a que las pruebas y experimentos se realizarán a nivel laboratorio de la Universidad de Lima. Estas condiciones ambientales se muestran en la Tabla 1.5 y son características de la ciudad de Lima.

**Tabla 1.5**

*Condiciones ambientales*

Presión (atm)	1
Temperatura (°C)	21
Humedad Relativa (%)	85,5

Otra de las limitaciones es el factor tiempo y distancia es decir el recojo de muestras y transporte al laboratorio puede ser lento debido a las distancias.

Así mismo obtener muestras de las fuentes contaminantes (mineras) o de los usuarios del agua, es difícil por temor a la publicidad.

## **1.5. Justificación de la investigación**

### **1.5.1. Técnica**

En la actualidad, se cuenta con la tecnología necesaria para preparar pellets basados en quitina y conchas de abanico. Para la preparación de quitina se puede usar tanto el método químico como el método biológico, y para ambos se puede usar un reactor industrial. Para la obtención del polvo de conchas de abanico tan sólo se necesita de una trituradora de mandíbulas, una pulverizadora, un molino de discos y molino de bolas para obtener un tamaño de partícula menor a 45 micrómetros. Para la elaboración de los pellets, teniendo ya el polvo de conchas de abanico y la quitina se puede usar un peletizador. Con todo lo mencionado anteriormente, es posible decir que el proceso es sencillo y la tecnología es de fácil acceso.

Tanto la quitina como las conchas de abanico y la goma de tara son productos naturales e inoos, lo que permite una producción de pellets amigables con el medio ambiente.

La quitina es el segundo biopolímero más abundante luego de la celulosa, su fuente principal son los exoesqueletos de los langostinos, camarones y cangrejos extrayéndose también de otros artrópodos como insectos y arácnidos, y de algunos hongos (Roberts, 1992). Es un bioadsorbente de bajo costo, no tóxico y capaz de remover metales pesados (Escorcia, D.; Hernández, D.; Sanchez, M.; Benevente, 2009). La quitina en esta investigación será obtenida a partir de las cabezas de langostinos.

El polvo de conchas de abanico es producto de la trituración y molienda de las valvas de conchas de abanico, donde el componente principal es el carbonato de calcio ( $\text{CaCO}_3$ ) el cual es un adsorbente (Ramón de los Santos et al., 2018)

La goma de tara es un producto natural inocuo que es utilizado como aditivo alimentario, pero en este caso se utilizará como un aglutinante o binder para la producción de los pellets.

### **1.5.2. Económica**

La contaminación del agua con arsénico puede traer graves consecuencias a nivel económico debido a que dos de las actividades económicas más importantes para el Perú, dependen de la buena calidad del agua, en el caso de la agricultura si las frutas o hortalizas no son regadas con agua limpia serán contaminadas reduciendo su comercialización tanto interna como externa; en el caso de la ganadería si los campos están expuestos a efluentes mal tratados los animales comerán de ese pasto contaminando su carne y por tanto reduciendo su comercialización también. En la Tabla 1.6 se muestra el PBI del sector agricultura, ganadería, caza y silvicultura; para las principales regiones productoras de arsénico. La suma de los porcentajes de participación de estos cinco departamentos en el PBI del sector agricultura, ganadería, caza y silvicultura es 27%.

**Tabla 1.6**

*PBI del sector agricultura, ganadería, caza y silvicultura para los principales productores de arsénico*

<b>Departamentos</b>	<b>2018 Estimado (miles de soles)</b>	<b>% de participación dentro del sector</b>
Arequipa	3 223 287	7,21%
La Libertad	4 718 041	10,56%
Apurímac	864 945	1,94%
Ancash	1 097 365	2,46%
Cajamarca	2 055 747	4,60%

Nota. De *PBI de los Departamentos, según actividades económicas*, por Instituto Nacional de Estadística e Informática, 2018 (<https://www.inei.gov.pe/estadisticas/indice-tematico/producto-bruto-interno-por-departamentos-9089/>)

Se espera que mejorando la calidad del agua en las provincias donde los efluentes de la minería no han sido bien tratados se podrá mejorar tanto el PBI a nivel actividad económica como a nivel provincia. En las Tablas 1.7 y 1.8, se muestra la distribución del PBI a nivel departamental tanto para Arequipa, primer productor de cobre en el país, como de La Libertad, primer productor de oro. Comprobándose claramente que el sector extracción de petróleo, gas y minerales es el que más ingresos genera en las dos regiones.

**Tabla 1.7**

*Distribución del PBI en Arequipa*

<b>Actividades</b>	<b>Estructura %</b>
Total, Valor Agregado Bruto	100
Agricultura, Ganadería, Caza y Silvicultura	7,6
Extracción de Petróleo, Gas y Minerales	26,7
Manufactura	19,4
Construcción	4,7
Administración Pública y Defensa	2,6
Otras Actividades	39

Nota. De *Producto Bruto Interno por Departamentos 2018*, por Instituto Nacional de Estadística e Informática, 2018 ([https://www.inei.gov.pe/media/MenuRecursivo/boletines/pbi\\_departamental2018.pdf](https://www.inei.gov.pe/media/MenuRecursivo/boletines/pbi_departamental2018.pdf))

**Tabla 1.8**

*Distribución del PBI en La Libertad*

<b>Actividades</b>	<b>Estructura %</b>
Total, Valor Agregado Bruto	100
Agricultura, Ganadería, Caza y Silvicultura	14,8
Extracción de Petróleo, Gas y Minerales	18
Manufactura	17
Construcción	5
Administración Pública y Defensa	3,8
Otras Actividades	41,5

Nota. De *Producto Bruto Interno por Departamentos 2018*, por Instituto Nacional de Estadística e Informática, 2018 ([https://www.inei.gov.pe/media/MenuRecursivo/boletines/pbi\\_departamental2018.pdf](https://www.inei.gov.pe/media/MenuRecursivo/boletines/pbi_departamental2018.pdf))

**1.5.3. Social**

El impacto social del proyecto puede medirse con la mejora de la calidad de vida de los pobladores de las localidades afectadas con la contaminación, por ejemplo la población más vulnerable que son los niños, mujeres gestantes y ancianos dejarían de sufrir tantas enfermedades relacionadas al sistema neurológico y cardiovascular; además debido a la mejora de la calidad de los productos de la industria ganadera y agrícola se demandaría mayor mano de obra, mejorando los índices de empleo y disminuyendo las tasas de pobreza. Los índices de pobreza de los principales departamentos productores de arsénico se detallan en la Tabla 1.9. Según el INEI para el 2018, Cajamarca era el departamento que figuraba en el primer nivel con incidencia de pobreza más alta con porcentajes entre 37,4 y 46,3; en el segundo nivel se encontraban departamentos con porcentajes de pobreza entre 32,9 y 36,2 como Apurímac por ejemplo, en el tercer grupo de departamentos con incidencia de pobreza entre 21,6% y 24,6% se encontraban departamentos como La Libertad y Ancash, en el cuarto grupo con tasas de pobreza que se ubican entre 11,3 y 13,8% se ubican departamentos como Arequipa y en el último grupo con tasas de pobreza más baja entre 1,8 y 4,4 % se encuentran Ica y Madre de Dios. Esto refleja que los lugares donde la minería tiene un gran aporte a la economía, también son los lugares donde la tasa de pobreza es menor.

**Tabla 1.9**

*Índice de pobreza de los principales productores de arsénico*

Departamento	Intervalo de confianza al 95%	
	Inferior	Superior
Arequipa	11,3	13,8
La Libertad	21,6	24,6
Apurímac	32,9	36,2
Ancash	21,6	24,6
Cajamarca	37,4	46,3

Nota. De *Evolución de la Pobreza Monetaria 2007-2018*, por Instituto Nacional de Estadística e Informática, 2019 ([https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones\\_digitales/Est/Lib1646/libro.pdf](https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1646/libro.pdf))

#### **1.5.4. Ambiental**

Al 2018 el Perú era el segundo productor de cobre a nivel mundial, con el 11,8% de la producción global y el sexto productor de oro a nivel global con el 4,4% de aportación (Ministerio de Energía y Minas, 2018). Conociendo esta realidad y la contaminación que se genera en los suelos, agua y aire; en esta investigación se propone un método alternativo para limpiar las aguas contaminadas con arsénico con pellets hechos a base de materiales biodegradables y económicos.

Haciendo uso del concepto de economía circular, donde los desechos pueden volver a ser reutilizados para elaborar un nuevo producto, se plantea el uso de un desecho para la producción de un nuevo material. Según el Foro Económico Mundial hay tres razones que están empujando cada vez más a las empresas a optar por un modelo circular en vez de un modelo lineal: el incremento de la escasez de recursos, cambios en los comportamientos de los consumidores (los consumidores cada vez más exigen transparencia y responsabilidad con el entorno) y los avances tecnológicos.

En este proyecto se utilizará como recurso a los desechos producidos por la industria acuícola, la langostinera y los productores de conchas de abanico. En el caso de las conchas de abanico, las industrias sólo utilizan la gónada y el tallo como alimento, desechando las valvas a los botaderos ocasionando una gran contaminación ambiental. En el caso de los langostinos, las empresas sólo comercializan la parte comestible en presentaciones congelado y fresco desechando los exoesqueletos.

### **1.6. Hipótesis de la investigación**

1. La producción de un adsorbente basado en polvo de conchas y quitina es viable tecnológicamente.
2. Los pellets de polvo de conchas y quitina remueven el arsénico del agua.



## **CAPÍTULO II: ASPECTOS TEÓRICOS**

### **2.1. Conceptos generales**

#### **2.1.1. Sobre tratamientos de agua**

El tratamiento del agua puede ser definido cómo el proceso por el que pasa el agua para alcanzar una calidad que cumpla con metas o estándares establecidos por el usuario final o una comunidad a través de sus agencias regulatorias. Los tratamientos de agua incluyen producción de agua potable o bebible a nivel municipal, unidades de tratamiento del hogar, plantas de tratamiento de una comunidad o plantas de tratamiento de una industria.

Para producir agua que sea segura de tomar y estéticamente buena, los procesos de tratamiento deben ser seleccionados de tal forma que el grupo en conjunto pueda ser usado para remover contaminantes específicos. Los determinantes críticos son la calidad de la fuente de agua y el uso previsto del agua tratada. Las dos principales fuentes de agua son el agua subterránea y el agua superficial. Dependiendo de la hidrología de la cuenca, el nivel de actividad humana alrededor de la fuente y otros factores, un amplio rango de calidad de agua puede ser encontrado. El agua superficial tiene usualmente altas concentraciones de material particulado, y el agua subterránea usualmente tiene elevadas concentraciones de minerales disueltos debido al prolongado contacto con las rocas y minerales. El agua superficial tiene mayores probabilidades de estar en contacto con químicos (Crittenden et al., 2012).

Otra distinción es el nivel de sales disueltas o sólidos disueltos totales (TDS, del inglés Total Dissolved Solids) presentes en la fuente de agua. El agua que contiene menos de 1 000 mg/L de TDS es considerada como agua fresca, y el agua con TDS entre 1 000 mg/L y 10 000 mg/L es considerada como agua salubre. El agua fresca es mayormente usada para beber y el agua salubre es usada bajo ciertos parámetros con un tratamiento adecuado. Finalmente, la más abundante fuente de agua, el océano, contiene aproximadamente 35 000 mg /L de TDS y requiere desmineralización antes de su uso. Cada tipo de fuente de agua, incluyendo la natural o las hechas por el hombre requieren de una estrategia de tratamiento diferente (Crittenden et al., 2012)

Los pasos que están mayormente involucrados en la selección e implementación de las plantas de tratamiento de agua son:

- a) Caracterización de la calidad de la fuente de agua y definición de las metas de calidad o los estándares del agua tratada.
- b) Estudios de prediseño, incluyendo planta piloto, procesos de selección y desarrollo de los criterios de diseño.
- c) Diseño detallado de la alternativa seleccionada.
- d) Construcción
- e) Operación y mantenimiento

Existen diversos métodos para remover el arsénico de las aguas residuales. Los métodos más usados para remover el arsénico del agua, son los siguientes: Oxidación, Intercambio Iónico, Electro-coagulación, Separación por membranas y Adsorción (Ricci Nicomel et al., 2015). La mayoría de tecnologías disponibles son más eficientes en la remoción de arseniato ( $\text{As}^{5+}$ ) que arsenito ( $\text{As}^{3+}$ ); esto hace que la forma trivalente sea menos aceptable para la coagulación, adsorción o intercambio iónico. De acuerdo a la literatura es más efectivo usar dos pasos para remover el arsénico, primero una oxidación inicial para pasar de arsenito a arseniato y luego otra técnica para remover el arseniato.

A continuación, se detalla cada uno de los métodos de remoción de arsénico más comunes:

#### **a) Oxidación**

La Oxidación involucra la conversión de arsenito soluble a arseniato. Este tratamiento por sí solo no remueve el arsénico, debe ir acompañado por otra técnica de remoción. Para las aguas subterráneas y sin oxígeno circulante, la oxidación es un paso importante debido a que el arsenito es predominante en estas aguas. En la Tabla 2.1 se muestran los diferentes oxidantes para oxidar el arsenito a arseniato, sus condiciones de operación y propiedades (Ricci Nicomel et al., 2015).

**Tabla 2.1**

*Oxidantes utilizados en la oxidación de arsenito a arseniato, sus condiciones de operación y propiedades*

Oxidante	pH de operación	Concentración inicial de As	Tipo de agua	Observaciones
Oxígeno y Ozono	7,6-8,5	46-62 µg/L	Agua subterránea	La oxidación de $As^{+3}$ por ozono es más rápida que con oxígeno puro o aire. En menos de 20 minutos, una completa oxidación fue obtenida usando ozono, mientras que se necesitaron cinco días para oxidar 57% y 54% de $As^{+3}$ usando oxígeno puro y aire respectivamente.
Cloro	8,3	300 µg/L	Agua desionizada	$As^{+3}$ fue completamente oxidado a $As^{+5}$ con cloro activo cuando su concentración inicial era mayor que 300 µg/L. El indicador estequiométrico fue de 0.99 mg Cl/mg $As^{+3}$
Dióxido de Cloro	8,2	50 µg/L	Agua subterránea	Después de un tiempo de contacto de una hora, se alcanzó un rendimiento de oxidación de 86%. Este alto valor de rendimiento se debe principalmente a la presencia de algunos metales en el agua que podrían ayudar en la catálisis de la oxidación del $As^{+3}$ .
Monocloramina	8,12	50 µg/L	Agua subterránea	Se necesita un tiempo largo de contacto para obtener una efectiva oxidación del $As^{+3}$ . Un rendimiento de oxidación de 60% fue alcanzado después de 18 horas.
Hipoclorito	7	500 µg/L	Agua subterránea	Dada una concentración de hipoclorito de 500 µg/L, se obtuvo una completa oxidación de $As^{+3}$ a $As^{+5}$ .
Peróxido de Hidrógeno	7,5-10,3	50 µg/L	Agua dulce y agua de mar	La eficiencia de la oxidación de $As^{+3}$ mejoró con un incremento del pH de 7.5 a 10.3.
Permanganato de potasio	8,12	50 µg/L	Agua subterránea	La oxidación fue completada después de un minuto.

(Continúa)

(Continuación)

Oxidante	pH de operación	Concentración inicial de As	Tipo de agua	Observaciones
Oxidación Fotocatalítica (UV/H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> )	8	100 µg/L	Agua subterránea	La combinación del peróxido de hidrógeno (H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> ) con la radiación ultravioleta (UV) resulta en una eficiente oxidación de As <sup>+3</sup> . A medida que la dosis de UV aumenta, la eficiencia de oxidación aumenta. El 85% de As <sup>+3</sup> fue oxidado a As <sup>+5</sup> con una dosis de UV de 200 ml/cm <sup>2</sup> .

Nota. Adaptado de “Technologies for Arsenic Removal from Water: Current Status and Future Perspectives” por Ricci Nicomel, Nina; Leus, Karen; Folens, Karel; Van Der Voort, Pascal; Du Laing, Gijss, 2015, International Journal of Environmental Research and Public Health,

En las grandes ciudades, el oxígeno atmosférico, el hipoclorito y el permanganato son los oxidantes más usados. La oxidación de arsenito con oxígeno es un proceso lento que podría tomar horas o semanas, sin embargo, la utilización de químicos como el cloro, el ozono y el permanganato hacen que la reacción de oxidación sea más rápida.

### **b) Intercambio Iónico**

En el intercambio iónico se utilizan resinas sintéticas o también arcillas activadas para retener los iones presentes en el agua como resultado del intercambio con iones de hidrógeno y oxidrilos. Las sustancias no ionizadas no se pueden someter a un proceso de intercambio iónico. Este método busca retirar selectivamente los iones presentes en el agua mediante el uso de sustancias sólidas, difícilmente solubles, que tienen la capacidad de retener los iones (aniones o cationes) que trae el agua, y ceder a cambio parte de sus iones. Estas sustancias sólidas pueden ser resinas sintéticas, útiles para el intercambio iónico cuando son fabricadas, o de origen natural, las cuales pertenecen a la familia de las zeolitas. El proceso de intercambio de iones entre el agua y la resina es rápido; cuando la resina agota sus iones, esta debe ser regenerada.

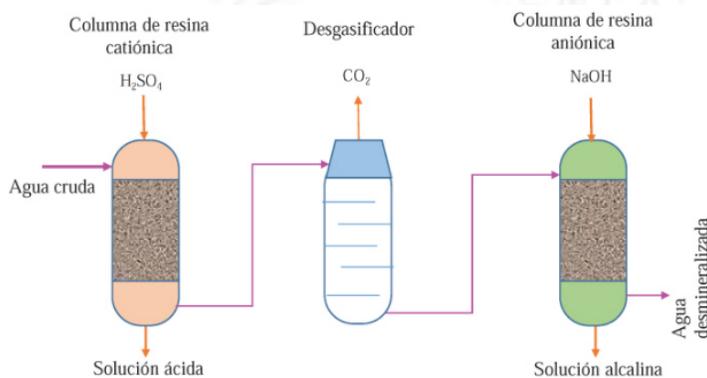
El proceso de intercambio iónico más conocido es el que se emplea para el ablandamiento de agua y consiste en retirar los cationes Ca<sup>2+</sup> y Mg<sup>2+</sup>. Las zeolitas (silicatos dobles de aluminio y sodio/potasio) y las resinas catiónicas tienen la propiedad de intercambiar sus iones de Na<sup>+</sup> o K<sup>+</sup> por los iones Ca<sup>2+</sup> y Mg<sup>2+</sup> del agua dura. El término agua dura se refiere al agua con contenido de sales de calcio y magnesio, las cuales se precipitan

formando el caliche cuando el agua es calentada o hervida. Por el contrario, el agua blanda es la que no posee iones, calcio ni magnesio.

Para la desionización completa del agua (retiro de los cationes y los aniones), el proceso se realiza en dos etapas: primero, se retiran los cationes y, posteriormente, los aniones. Para este fin se usan resinas sintéticas, como los copolímeros del estirenodivinilbenceno, por su mejor desempeño y selectividad. Si el agua dura tiene altos contenidos de carbonatos, se intercala una columna de desgasificación para retirar el dióxido de carbono producido. El proceso de desmineralización completa del agua se muestra en la Figura 2.1. En la columna de resina de cationes, las sales ionizadas (cationes y aniones) que contiene el agua se transforman en ácidos libres por el reemplazo de los cationes metálicos por protones ( $H^+$ ). En la columna de desgasificación, se elimina el  $H_2CO_3$  formado como  $CO_2$ , que se separa como gas y agua, lo que reduce el riesgo de obstrucción por la acumulación de bolsones de gas en las tuberías. En la columna de resinas aniónicas, se retienen los aniones de los ácidos libres y se liberan los aniones oxidrilo ( $OH^-$ ), que producen agua con los protones. Cuando se colmatan o agotan las resinas, estas deben ser regeneradas; para ello, se utiliza una solución ácida al 5% de  $HCl$  o  $H_2SO_4$  para la resina catiónica y una solución básica al 5% de  $NaOH$  o  $KOH$  para la resina aniónica. Por lo tanto, el agua sometida al proceso de desmineralización completa es un producto diferente del agua obtenida en un proceso de ablandamiento (Sotomayor & Power, 2019).

### Figura 2.1

*Proceso de desionización del agua por intercambio iónico*



Nota. De *Tecnologías Limpias y Medio Ambiente en el sector Industrial Peruano* (p.1335), por A. Sotomayor, 2019, Universidad de Lima

Una de las principales desventajas de este método es que es caro, ya que las resinas son costosas y la instalación de los equipos para el tratamiento también es elevado.

### **c) Adsorción**

El elemento que experimenta adsorción sobre un área se llama adsorbato, y el sólido en el cual se adsorbe el elemento se llama adsorbente. Durante el proceso de adsorción, las especies disueltas se difunden en la extensa área interna del adsorbente. Una característica clave de los adsorbentes es un alto grado de porosidad intrínseca de los gránulos adsorbentes, lo cual se traduce en una extensa área superficial interior en la que puede ocurrir la adsorción (Arias, Juan Miguel; Paternina, Elihu; Barragán, 2009).

La adsorción es el más importante método para remover metales pesados del agua contaminada. Remueve varios iones metálicos, el cobre, cromo, cadmio, zinc, mercurio, arsénico pueden ser removidos usando adsorbentes de bajo costo. Uno de los metales pesados es el plomo, que está presente en los efluentes de las industrias de pinturas, pesticidas, baterías, minería, fundiciones, etc.

Varios desechos y materiales de bajo costo pueden ser usados como adsorbentes. Esta es la ventaja de la adsorción frente a los otros tratamientos, el costo.

Algunos ejemplos de uso de desechos como adsorbente lo constituyen la cáscara del arroz (Upendra, Kumar; Jyotikusum, 2015), la fibra del aceite de palma (Nwabanne, J.T; Igbokwe, 2012), la cáscara de huevo (Arunlertaree, C. et al ., 2007) , Surchi ha usado cuatro adsorbentes de bajo costo como la cáscara de arroz, las semillas de ajonjolí, las semillas de girasol y residuos del té (Shareef Surchi, 2011), Singh ha usado quitosano obtenido de los restos de la comida marina de la India (Singh, Dhanesh; Mishra, M. ; Mishra, A.K; Singh, 2013), Raju ha utilizado el polvo de las hojas de la papaya como adsorbente para remover el plomo (Rama Raju et al., 2012)

En el año 2000, se hicieron comparaciones de diferentes adsorbentes (concha de cangrejo, resinas de intercambio iónico, zeolitas, polvo de carbón activado y granos de carbón activado) para metales pesados Pb, Cd, Cu y Cr y se encontró el siguiente orden de

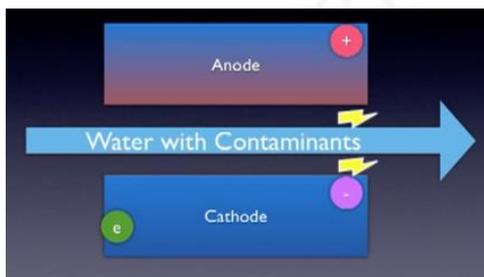
eficiencia de adsorción: Concha de cangrejo > resina de intercambio iónico > zeolitas > polvo de carbón activado  $\geq$  granos de carbón activado (An, Park, & Kim, 2001).

#### d) Electro- Coagulación

Es un proceso de tratamiento de aplicación de corriente eléctrica para tratar y flocular los contaminantes sin tener que agregar coagulantes. La electrocoagulación consiste en un par de láminas de metal llamadas electrodos que están dispuestos en pares de ánodo y cátodo. Utilizando los principios de electroquímica, el cátodo se oxida (pierde electrones), mientras que el agua se reduce (gana electrones) lo que hace que las aguas residuales se traten mejor. Cuando el electrodo del cátodo hace contacto con las aguas residuales, las partículas contaminantes se neutralizan mediante la formación de complejos de hidróxido con el propósito de formar aglomerados. Estos aglomerados comienzan a formarse en el fondo del tanque y pueden filtrarse. Para que un reactor de electrocoagulación sea considerado eficiente, se debe considerar las siguientes entradas o variables: tipo de agua residual, pH, densidad de corriente, tipo de electrodos metálicos (aluminio, acero, hierro), número de electrodos y tamaño de electrodos. La electrocoagulación es un método alternativo a la coagulación química por muchas razones. La electrocoagulación es capaz de reducir la necesidad de productos químicos debido al hecho de que los electrodos proporcionan el coagulante. Además, la electrocoagulación es capaz de reducir la producción de residuos del tratamiento de aguas residuales y también reduce el tiempo para el tratamiento. En la Figura 2.2 se muestra un pequeño esquema de electrocoagulación (Arango Ruiz, 2005).

#### Figura 2.2

*Esquema de una electrocoagulación*



Nota. De *Electrocoagulation*, por Clean Environmental Solutions, 2013

([https://www.youtube.com/watch?v=QL\\_5cN9PWF&ab\\_channel=JuanCarlosHerrera](https://www.youtube.com/watch?v=QL_5cN9PWF&ab_channel=JuanCarlosHerrera))

### **e) Separación por membranas**

La separación por membranas tiene como objetivo principal la separación de sustancias disueltas o dispersas en medios fluidos o fluidizados. Una membrana es una fase heterogénea que actúa como una barrera selectiva al flujo de especies iónicas y moleculares presentes en los líquidos y vapores que se encuentran en contacto con su superficie. Se articulan conceptos físicos, fisicoquímicos y de mecánica de fluidos, que permiten la interacción de las sustancias que forman los sistemas según alguna de sus características, como el tamaño de las partículas, la difusividad, la viscosidad y la carga iónica, entre otras. Sirven como medios de retención en las diferentes condiciones operacionales de presión, temperatura, pH, atracción eléctrica, etc. (Sotomayor, Arístides; Power, 2019).

Para el mecanismo de separación se utiliza la membrana (filtro) como la barrera que permite la separación, la cual tiene una porosidad pre-establecida para impedir el paso de partículas de tamaño mayor a la porosidad. Las partículas que atraviesan la membrana se denominan “Permeado” y todas a las que se le impide el paso forman el “Retenido”. La alimentación es todo el sistema fluido que ingresa al proceso. Para que se produzca la separación es necesario que exista una diferencia de presión entre la zona de alimentación y la zona de permeado, esta diferencia de presión se denomina presión transmembrana (PTM) y es una variable muy importante a controlar en los procesos de separación dado que una mayor PTM hace que los retenidos se “incrusten” en la membrana produciendo el ensuciamiento (“fouling”) reduciendo la eficacia del proceso.

#### **2.1.2. Contaminación del agua con arsénico de origen minero**

La contaminación con arsénico en agua potable puede ocurrir naturalmente o como consecuencias de la actividad humana como la minería. Un estudio realizado en el río Rímac mostró que los relaves mineros tenían elevadas concentraciones de arsénico, cobre y plomo tanto en el río como en sus afluentes. También se encontraron elevadas concentraciones de arsénico en agua potable en la Oroya donde se procesa plomo, cobre y zinc. Un total de 151 muestras de agua fueron analizadas por la OMS en el 2012 (111 muestras de agua subterránea y 40 de agua superficial). Se obtuvo que las concentraciones más altas de arsénico en el agua se encontraron en los pozos de Juliaca – Puno (1,2- 193,1  $\mu\text{g/L}$ ). También se detectaron altos

niveles en los pozos de Caracoto- Puno (31,9 – 113,1 µg/L). Así mismo las 14 muestras de agua superficial recolectadas en la sección del Río Rímac que atraviesa Lima presentaron niveles de arsénico entre 14,6 y 42,5 µg/L (Organización Mundial de la Salud, 2014). A continuación, se muestra las concentraciones de arsénico por distrito y tipo de fuente, que fueron encontrados por la OMS.

**Tabla 2.2**

*Concentraciones de arsénico por distrito y tipo de fuente 2012*

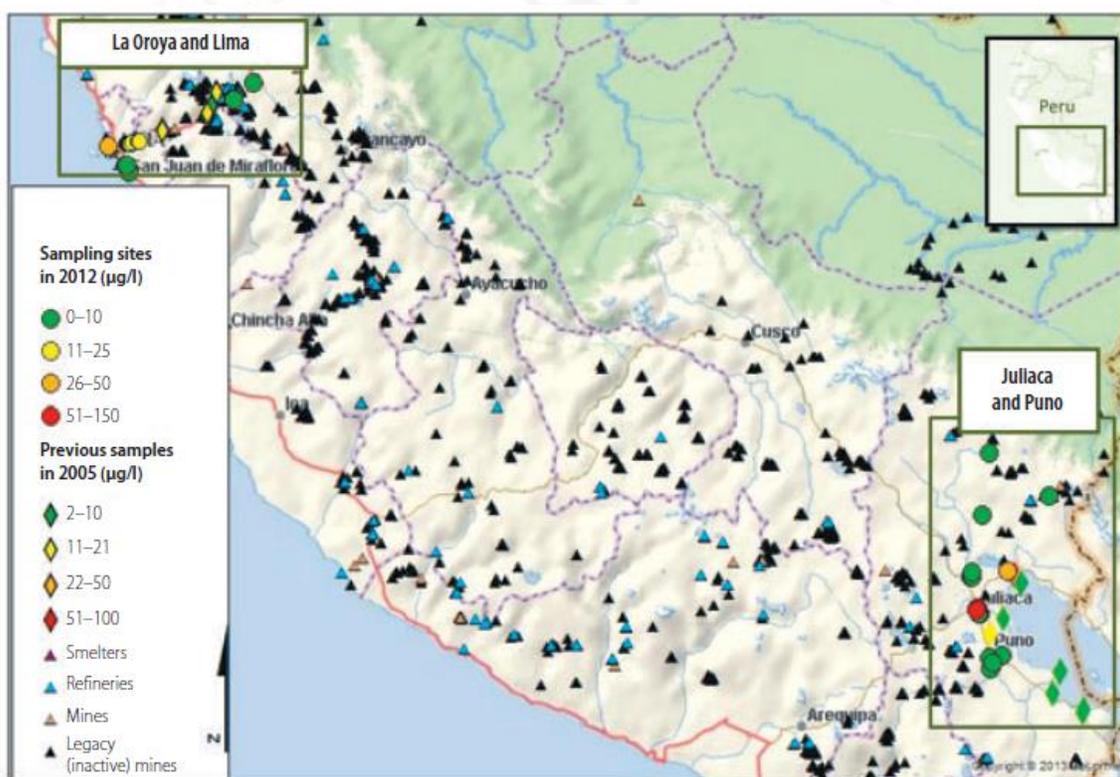
Distrito	Comunidad	Tipo de fuente	Número de muestras	Principal concentración de As, µg/L- rango
Achaya	Achaya	Agua subterránea	1	4,6
	Rio Calapuja	Rio	1	34
	Rio Ramis	Rio	3	16,9 (7,1-31,5)
	Chuquillana	Agua subterránea	2	2,9 (2,1-3,8)
	Lluncha	Agua subterránea	2	1,7(0,1-3,4)
Ananea	Ananea	Agua subterránea	1	0,1
Caracoto	Caracoto	Agua subterránea	20	67,0 (31,9-113,1)
	Caracoto	Agua municipal	1	4,25
Chucuito	La Raya	Agua municipal	1	0,1
Crucero	Crucero	Agua municipal	1	0,1
Juliaca	Néstor Cáceres			
	Velásquez	Agua Subterránea	27	51,7 (1,6-154,8)
	Sector Palca	Agua Subterránea	1	150
	Pampa Taparachi	Agua Subterránea	48	62.0 (1,2- 193,1)
La Oroya	La Oroya	Agua municipal	1	7,1
	La Oroya	Río	5	7,7 (2,2- 13,3)
	Yauli	Agua municipal	2	7,2 (4,3- 10,1)
	Yauli	Arroyo	1	0,1
Lima	Oasis	Agua municipal	3	2,5 (0,9- 4,2)
	Pampas	Agua municipal	2	3,5 (3,3- 3,6)
	Río Rímac	Río	14	21,7 (14,6- 42,5)
Platería	Potojani Chico	Agua Subterránea	1	0,1
Puno	Collacachi	Manantial	1	0,9
	Collacachi	Río	1	5,8
	Collacachi	Agua Subterránea	2	1,65 (0,3- 3,0)
	Mi Perú	Manantial	1	0,1
	Mi Perú	Agua Subterránea	1	0,82
San Antón	San Antón	Agua Subterránea	2	52,5 (45,6- 59,4)
Taraco	Ramis	Agua Subterránea	3	29,6 (9,6- 63,0)
	Ramis	Río	2	7,5 (1,4- 13,6)

Nota. De *Arsenic exposure in drinking water: an unrecognized health threat in Perú*, por US National Library of Medicine National Institutes of Health, 2014 (<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4147402/>)

En la Figura 2.3 se pueden observar los lugares muestreados por la OMS en el 2012 y la actividad minera relacionada a cada uno de los lugares. Para Lima y la Oroya se observan puntos verdes que señalan muestras con concentraciones de arsénico entre 0 y 10  $\mu\text{g/l}$  y puntos amarillos y naranjas que ya sobrepasan el límite establecido de 10  $\mu\text{g/l}$  establecido por la OMS para concentración de arsénico en agua potable. Pero para Juliaca y Puno se observa un punto rojo que indicaría que se han encontrado muestras con concentración de arsénico mayor al umbral de Bangladesh (50  $\mu\text{g/l}$ ).

**Figura 2.3**

*Mapa de lugares muestreados y la actividad minera relacionada*



Nota. De *Arsenic exposure in drinking water: an unrecognized health threat in Perú*, por US National Library of Medicine National Institutes of Health, 2014 (<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4147402/>)

El arsénico puede llegar al agua por vía natural, como por ejemplo mediante ascenso de fluidos magmáticos e hidrotermales, emisiones volcánicas a la atmósfera, desorción y disolución de minerales con arsénico durante la meteorización, y por vía antropogénica por

ejemplo de la minería, procesos metalúrgicos, combustión de combustibles fósiles, uso de plaguicidas y preservantes de la madera – arseniato de cobre y cromo (IV Congreso Hidrogeológico Argentino, 2005).

Es necesario aclarar que el límite de arsénico en agua potable es de  $10\mu\text{g/L}$  o  $0,01\text{ mg/L}$  o  $0,01\text{ ppm}$  establecido por la OMS, mientras que el límite máximo permisible de arsénico en efluentes mineros es de  $100\mu\text{g/L}$  o  $0,1\text{ mg/L}$  o  $0,1\text{ ppm}$  establecido por el Ministerio Nacional del Ambiente (MINAM) mediante DS 010-2010.

## 2.2. Conceptos básicos del arsénico y su toxicidad

El arsénico es un elemento natural con propiedades metálicas y no- metálicas, de color gris y material sólido. Se encuentra presente de forma natural y por el resultado de actividades humanas. En la siguiente tabla se presenta las propiedades químicas del arsénico.

**Tabla 2.3**

*Propiedades químicas del arsénico*

<b>Símbolo</b>	<b>As</b>
Número atómico	33
Grupo	15
Periodo	4
Clasificación	Metaloide
Masa atómica	74,92159
Configuración electrónica	$3d^{10}4s^24p^3$

Nota. De *Periodic Table of Elements- Element Arsenic As*, por Environmental Chemistry, 2020 (<https://environmentalchemistry.com/yogi/periodic/As.html>)

El arsénico puede encontrarse en cuatro estados de oxidación: 0 (elemental), +3 (trivalente, arsenitos), +5 (pentavalente, arseniatos) y -3 (arsina) que es un gas incoloro con varios usos industriales. Las formas trivalentes de arsénico tanto orgánicas como inorgánicas son generalmente más tóxicas que las formas pentavalentes.

Los primeros síntomas de la exposición prolongada a altos niveles de arsénico inorgánico (por ejemplo, a través del consumo de agua y alimentos contaminados) se observan generalmente en la piel e incluyen cambios de pigmentación, lesiones cutáneas y durezas y callosidades en las palmas de las manos y las plantas de los pies (hiperqueratosis).

Estos efectos se producen tras una exposición mínima de aproximadamente cinco años y pueden ser precursores de cáncer de piel. Además de cáncer de piel, la exposición prolongada al arsénico también puede causar cáncer de vejiga y de pulmón.

Entre los demás efectos perjudiciales para la salud que se pueden asociar a la ingesta prolongada de arsénico destacan los que siguen: problemas relacionados con el desarrollo, neurotoxicidad, diabetes y enfermedades pulmonares y cardiovasculares. En particular, los infartos de miocardio inducidos por el arsénico pueden suponer una importante causa de aumento de la mortalidad.

El arsénico también se asocia a desenlaces adversos del embarazo y mortalidad infantil, repercute en la salud de los niños, y hay algunas pruebas de que puede tener una influencia negativa en el desarrollo cognitivo (Organización Mundial de la Salud, 2018). La exposición al arsénico puede ser a través de la inhalación, absorción por la piel e ingestión de comida y agua (Henke, 2009).

### **2.3. Definición y características de la quitina**

La quitina es el segundo biopolímero más abundante en la tierra luego de la celulosa. Es un polisacárido de gran peso molecular 221,209 g/mol (Pubchem, 2006), compuesto principalmente por N- acetilglucosamina unida a proteínas por fuertes enlaces glucosídicos covalentes (Mizani, A. Maryam; Aminlari, 2007).

Un polisacárido es una larga cadena de monosacáridos (polímero), con un gran peso molecular debido a la cantidad de monómeros que lo componen, los cuales están unidos por enlaces glucosídicos. Los polisacáridos pueden descomponerse por hidrólisis, en disacáridos o monosacáridos, rompiendo los enlaces glucosídicos. Los monómeros de la celulosa, así como de la quitina están unidos por enlaces  $\beta$  (1 $\rightarrow$ 4).

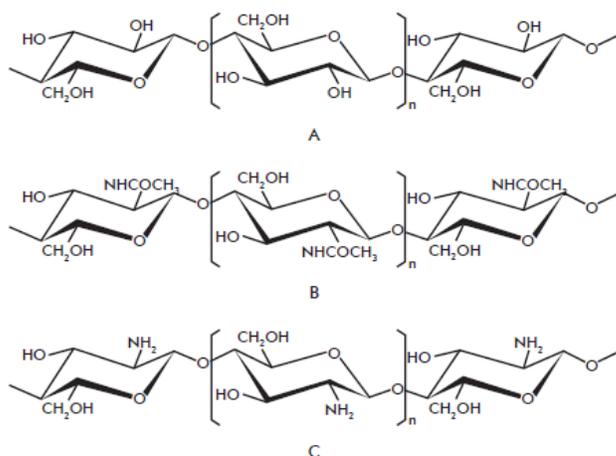
El nombre quitina proviene de la palabra en griego (kithon) que significa túnica, cubierta o envoltura.

La quitina tiene su estructura análoga a la de la celulosa. Se dice que son polisacáridos estructurales porque participan en la construcción de las estructuras orgánicas. Por ejemplo, constituyen la parte principal de la pared celular de las plantas en el caso de la celulosa, y en el caso de la quitina constituyen el exoesqueleto de los artrópodos, animales invertebrados con esqueleto externo, llámese insectos, arácnidos, crustáceos y hongos.

A continuación, en la Figura 2.4 se presenta la imagen de la molécula de la celulosa (A), de la quitina (B) y del quitosano (C). La diferencia entre la celulosa y la quitina estriba en que el carbono 2 contiene un grupo hidroxilo en la celulosa y un grupo acetamida en la quitina. El quitosano es un derivado de la quitina, que ha pasado por un proceso de desacetilación.

**Figura 2.4**

*Molécula de la quitina*



Nota. Adaptado de “La quitina y sus derivados, biopolímeros con potencialidades de aplicación agrícola” por Miguel A. Ramirez, Aida T. Rodriguez, Carlos Peniche, 2010, *Biotecnología Aplicada*, 27, p. 270-276 ([https://www.researchgate.net/publication/262505133\\_La\\_quitina\\_y\\_sus\\_derivados\\_biopolimeros\\_con\\_potencialidades\\_de\\_aplicacion\\_agricola](https://www.researchgate.net/publication/262505133_La_quitina_y_sus_derivados_biopolimeros_con_potencialidades_de_aplicacion_agricola))

Las características químicas y físicas distintivas de la quitina lo constituyen la presencia de los grupos amida, el tamaño y relativa rigidez de sus moléculas, las cuales son la base de sus propiedades funcionales. Entre las principales propiedades de la quitina se tiene que no es soluble en agua ni en la gran mayoría de los solventes comunes, es biodegradable, adsorbente y puede reaccionar en ciertas condiciones para formar compuestos derivados (Sociedad Ibero Americana de Quitina, 2015).

La quitina se vuelve soluble en ácidos inorgánicos diluidos cuando pierde el acetilo del grupo acetyl amino, convirtiéndose en quitosano.

Dependiendo de su fuente existen dos principales formas poliméricas, llamadas  $\beta$ -quitina y  $\alpha$ -quitina. La  $\alpha$ -quitina es la más estable y abundante, usualmente encontrada en los exoesqueletos de los crustáceos y en las paredes de las cutículas de los artrópodos en general.

La  $\beta$ -quitina se encuentra en el calamar y existe como un hidrato cristalino de baja estabilidad ya que el agua puede penetrar entre las cadenas de las capas. Por último, hay una tercera forma de quitina que es la  $\gamma$ -quitina que se encuentra en los capullos de los escarabajos (Castro Mandujano, Nino; Vidal Caldas, 2015).

La quitina puede ser utilizada en la agricultura, medicina, farmacéutica, procesamiento de alimentos, protección del medio ambiente y biotecnología. En el campo de la biomedicina por ejemplo se puede usar la quitina en la elaboración de gasas para heridas, membrana para diálisis, portador de pastillas hacia específicos órganos de animales, implante para la liberación lenta de fármacos en tejidos animales (Subasinghe, 1999).

#### **2.4. Métodos de extracción de la quitina**

La purificación comercial de la quitina a partir de los restos de langostinos esencialmente requiere de tres pasos:

1. Desproteínización (DP) se realiza debido a que la quitina se encuentra unida a proteínas. Este proceso de desproteínización desnatura la proteína presente, el NaOH rompe los enlaces de hidrógeno que mantienen unidas a las moléculas de las proteínas, esto hace que se separen y se dispersen en la solución (Colina et al., 2014).
2. Desmineralización (DM) se realiza por la presencia de carbonato de calcio en el exoesqueleto. En los exoesqueletos más duros hay una proporción de 75% de carbonato de calcio, mientras en los más suaves hay de 13% a 40% (Whistler, Roy; BeMiller, 1993).
3. Blanqueo debido a un pigmento llamado astaxantina (Yaohao, D. et al., 2018)

A continuación, se explicará los tres procesos (desproteínización, desmineralización y blanqueo) para los dos métodos de extracción que existen, el método químico y el método biológico.

##### **Método químico:**

Es el método más utilizado para obtener quitina comercial. Involucra el uso de fuertes bases y ácidos para disolver las proteínas y carbonatos de calcio respectivamente, ambos procesos

se trabajan a elevadas temperaturas. La base más usada es el hidróxido de sodio (NaOH), mientras que el ácido más utilizado es el ácido clorhídrico (HCl).

- Desproteínización (tratamiento alcalino): Consiste en tratar los caparazones con una solución acuosa diluida de hidróxido de sodio (NaOH) o hidróxido de potasio (KOH) a temperatura alta (65-100°C), con el fin de separar la proteína. En ocasiones se prefiere realizar dos tratamientos consecutivos por tiempos cortos. Se debe tener en cuenta en esta etapa que tratamientos por largo tiempo o temperaturas muy altas pueden provocar la ruptura de cadenas o la desacetilación parcial del polímero obteniendo finalmente quitosano.
- Desmineralización (tratamiento ácido): El principal componente inorgánico de los caparazones es el carbonato de calcio (CaCO<sub>3</sub>), el cual se suele eliminar empleando soluciones diluidas de ácido clorhídrico (HCl), aunque también se han utilizado otros ácidos como el ácido nítrico (HNO<sub>3</sub>) o ácido sulfúrico (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>).
- Decoloración: La coloración de los caparazones de los crustáceos se debe fundamentalmente a la presencia de pigmentos tales como la astaxantina. Los tratamientos anteriores no son capaces de eliminar este pigmento, el que suele extraerse con hipoclorito de sodio (El Knidri et al., 2018)

Las ventajas de este método son, el corto tiempo de procesamiento, razón por la que es usado a nivel industrial, y otra ventaja es que permite una remoción completa de las sales.

Por otro lado, sus desventajas son: no es amigable con el medio ambiente por el uso de ácidos y bases fuertes, las proteínas y minerales extraídos no pueden ser usados como nutrientes para los seres vivos, el costo es más elevado que el método biológico debido a los reactivos y al tratamiento de los efluentes con ácido y base que incrementan el costo del producto final.

### **Método biológico:**

Es el método más limpio debido al uso de enzimas para la hidrólisis de la quitina y uso de láctico para la separación de los carbonatos.

- Desproteínización: Mediante la hidrólisis de la quitina con enzimas que cortan los enlaces peptídicos. La enzima alcalasa se utiliza a pH básico y a una temperatura aproximada de 50 °C (Aluko R.E, 2018).

- Desmineralización: Generalmente se usa ácido láctico, ácido acético para la eliminación de los carbonatos presentes.
- Decoloración: Los pigmentos como la astaxantina, suelen extraerse con acetona, etanol u otros disolventes orgánicos como: metanol, alcohol isopropílico, etilacetato, etilmetil cetona (Franco Zavaleta, 2010). La asociación de los carotenoides con las proteínas estabiliza a los pigmentos por eso pueden encontrarse carotenoides como la astaxantina formando complejos hidrosolubles estables con proteínas (Melendez Martinez, Antonio J.; Vicario, Isabel ; Heredia, 2007).

Las ventajas de este método son las siguientes: Alta calidad del producto final, es seguro para el medio ambiente y el ambiente acuático, el costo de procesamiento es menor, las proteínas solubilizadas y los minerales extraídos pueden ser utilizados como nutrientes para el ser humano y animales.

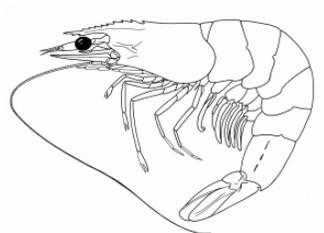
Dentro de sus desventajas están que su procesamiento toma mucho tiempo (El Knidri et al., 2018)

## **2.5. Alcances sobre los langostinos**

La quitina se obtendrá a partir de las cabezas de langostinos *Penaeus Vannamei* o langostino blanco o whiteleg shrimp. Esta especie es conocida por su sabor superior dentro de la categoría de langostinos tropicales (“*Penaeus*”), además comparándola con la especie *Monodon* o Langostino Jumbo o Gamba, es más fácil y económica de cultivar y por lo mismo es la que más se comercializa. Esta especie casi siempre es un producto cultivado de la piscicultura. En el comercio y en la piscicultura los langostinos *Vannamei* han reemplazado una gran cantidad de los Gambas o langostino Jumbos (*Penaeus Monodon*) (Ministerio de Comercio Exterior y Turismo, 2019). En la Figura 2.5 se muestra la imagen del langostino *Penaeus Vannamei*.

## Figura 2.5

### *Penaeus Vannamei*



Nota. De Programa de información de especies acuáticas *Penaeus vannamei*, por Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, 2020

([http://www.fao.org/fishery/culturedspecies/Penaeus\\_vannamei/es](http://www.fao.org/fishery/culturedspecies/Penaeus_vannamei/es))

La composición general de las cabezas de langostinos se muestra en la Tabla 2.4 (Mizani, A. Maryam; Aminlari, 2007), donde se puede observar que el porcentaje del contenido de quitina no es muy alto.

**Tabla 2.4**

*Composición general de las cabezas de langostino*

Composición (%)	Cabeza de Langostino
Humedad	80,544±0,294
Nitrógeno total	10,825±0,443
Proteína	65,763±2,776
Quitina	5,625±0,903
Ceniza	23,156±1,355

Nota. Adaptado de “A new process for deproteinization of chitin from shrimp” por A. Mryam Mizani, B.

Mahmood Aminlari, 2007, European Congress of Chemical Engineering, p. 5

([https://folk.ntnu.no/skoge/prost/proceedings/ecce6\\_sep07/upload/647#:~:text=Chitin%20is%20linked%20to%20proteins,quality%20of%20the%20protein%20extracts.](https://folk.ntnu.no/skoge/prost/proceedings/ecce6_sep07/upload/647#:~:text=Chitin%20is%20linked%20to%20proteins,quality%20of%20the%20protein%20extracts.))

Los principales países productores de *Penaeus Vannamei* se muestran en el mapa de la Figura 2.6, donde se aprecian países como: China, Tailandia, Indonesia, Brasil, Ecuador, México, Venezuela, Honduras, Guatemala, Nicaragua, Belice, Vietnam, Malasia, Taiwán, Islas del Pacífico, Perú, Colombia, Costa Rica, Panamá, El Salvador, EEUU, India, Filipinas, Cambodia, Surinam, Isla de San Cristóbal, Jamaica, Cuba, República Dominicana, Bahamas.

## Figura 2.6

Mapa de países productores de *Penaeus Vannamei*

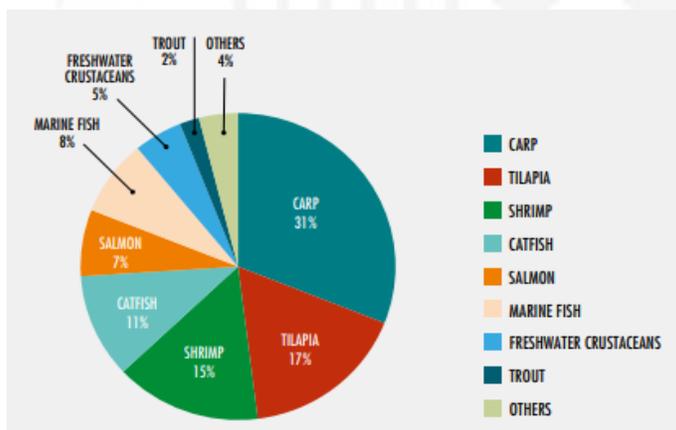


Nota. De *Programa de información de especies acuáticas Penaeus vannamei*, por Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, 2020 ([http://www.fao.org/fishery/culturedspecies/Penaeus\\_vannamei/es](http://www.fao.org/fishery/culturedspecies/Penaeus_vannamei/es))

A nivel mundial el consumo de langostinos representa el 15% del total de las especies acuícolas. En la Figura 2.7 se puede observar la distribución del consumo mundial de especies acuícolas. Se puede observar que el consumo de pez carpa es el principal con 31%, le sigue en segundo lugar la tilapia con 17% y en tercer lugar el consumo de langostinos.

## Figura 2.7

Distribución de consumo mundial de especies acuícolas, 1995-2015 (%)



Nota. De *The state of world fisheries and aquaculture*, por Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2018 (<http://www.fao.org/3/i9540en/i9540en.pdf>)

Sólo la especie *Penaeus Vannamei* al 2016 tuvo una producción mundial de 4 155 826 TM (Food and Agriculture Organization, 2018). Los países de mayor consumo son Estados Unidos, Unión Europea y Japón donde se consumen en presentaciones de congelados con cabeza, sin cabeza y pelados.

En el Perú, Tumbes seguido de Piura son los lugares donde se cultivan en gran escala esta especie. En 2017 según Produce, la cosecha de langostinos alcanzó las 26 678 TM (27% del total de especies acuícolas) sólo detrás de la trucha que alcanzó las 54 424 TM (54%). En la Figura 2.8 se observa la distribución de la producción de las principales especies acuícolas del país.

**Figura 2.8**

*Cosecha de recursos hidrobiológicos procedentes de la actividad acuícola en 2017*



Nota. De *Un repaso a la acuicultura nacional*, por Sociedad de Comercio Exterior del Perú, 2018 (<https://www.comexperu.org.pe/articulo/un-repaso-a-la-acuicultura-nacional>)

En la Figura 2.9 se observa las exportaciones de los principales productos acuícolas del país para el año 2017, observándose la mayoritaria participación de los langostinos con 79% (26 493 TM), en segundo lugar, las conchas de abanico con 11% (3 821 TM), y la trucha con 9% (2 971 TM).

**Figura 2.9**

*Exportaciones de recursos hidrobiológicos procedentes de la actividad acuícola 2017*



Nota. De *Un repaso a la acuicultura nacional*, por Sociedad de Comercio Exterior del Perú, 2018 (<https://www.comexperu.org.pe/articulo/un-repaso-a-la-acuicultura-nacional>)

## 2.6. Alcances sobre las conchas de abanico

A nivel mundial según el informe de la FAO “The state of world fisheries and aquaculture, 2018”, China es el más grande exportador de bivalvos exportando alrededor de tres veces más de lo que exporta Chile, el más grande exportador en 2016. En este informe también se menciona que China tiene un gran consumo interno, sin embargo, la Unión Europea es el mercado más grande para los bivalvos (Food and Agriculture Organization, 2018).

Según el Instituto Tecnológico de la producción (ITP) la provincia de Sechura produce un total de 82% de conchas de abanico a nivel nacional y exportan el producto a los países como España, Canadá, Francia y Estados Unidos (Márquez Sáenz, 2017).

Para cosechar este molusco hermafrodita, buzos se sumergen entre tres y cinco metros y los recolectan en enormes vallas. Las 16 000 hectáreas de la bahía de Sechura se dividen en ocho zonas de producción, donde trabajan 200 asociaciones de pescadores dedicadas a la crianza y producción. La caleta de pescadores Parachique, en la provincia de Sechura, es una de las zonas de producción y acopio de conchas antes de que se exporten al mercado europeo y norteamericano. A este puerto llegan a diario 200 botes pesqueros artesanales, que descargan unas 25 toneladas de conchas (“Conchas de Abanico: Las Pepitas de Oro Del Mar Peruano,” 2018). Perú cuenta con un total de 20 áreas de producción de conchas. Los maricultores siembran la semilla de la concha de abanico en el fondo del mar. El tamaño de las conchas que se exportan es de siete centímetros. Al cabo de nueve meses el molusco está listo para ser comercializado. Su precio fluctúa entre 20 y 38 soles el kilo.

La concha de abanico “*Argopecten purpuratus*” es un molusco bivalvo, se llama bivalvo porque está encerrado en una concha formada por dos piezas llamadas valvas.

La concha de abanico es un bivalvo que habita a lo largo de la costa del Perú y Chile, su distribución abarca desde Paita-Perú hasta Valparaiso-Chile. En el Perú los principales bancos productivos están concentrados principalmente en dos áreas: La Bahía Independencia en Ica y Bahía Sechura en Piura, siguiéndole en importancia Paracas, Samanco, Huacho, Tortugas y Pucusana, esporádicamente se extrae en Isla Asia, Isla Pachacámac, Isla San Lorenzo, Isla Don Martín, Culebras, Los Chimús y Lagunillas (Mendo et al., 2008). En la Bahía de Sechura el banco natural se extiende desde Bayóvar hasta Chulliyachi, viéndose las mayores concentraciones frente a Matacabello, Parachique, Vichayo y Punta Bayóvar

(Márquez Sáenz, 2017). En la Tabla 2.5 se muestra la clasificación taxonómica de la concha de abanico o *argopecten purpuratus*.

**Tabla 2.5**

*Clasificación taxonómica de la concha de abanico*

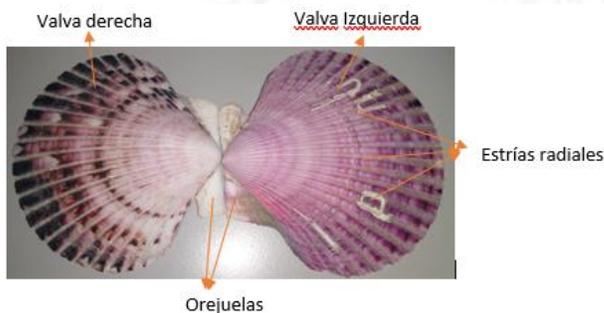
<b>Phylum:</b>	Molusca
<b>Clase:</b>	Bivalva
<b>Sub-clase:</b>	Lamenlinbranchia
<b>Orden:</b>	Filibranchia
<b>Superfamilia:</b>	Pectinacea
<b>Familia:</b>	Pectinadae
<b>Género:</b>	Chlamys
<b>Especie:</b>	<i>Argopecten Purpuratus</i>

Nota. De *Determinación de la calidad microbiológica en moluscos bivalvos y agua de mar en la bahía de Sechura – Piura*, por Jhoselin C. Márquez Sáenz, 2017, Universidad Nacional Agraria La Molina.

La concha de abanico *Argopecten Purpuratus* tiene una concha de forma circular, los colores de la concha pueden variar desde un rosado oscuro a fucsia, pudiendo pasar por un anaranjado también. Las dos valvas no son iguales, la izquierda es más convexa que la derecha (Zuñiga Romero, 2002). Cada valva presenta aproximadamente de 23 a 26 estrías radiales (Guzmán, Nury; Saá, Sheyla; Luci, 1998). En la Figura 2.10 se muestra la estructura externa de la concha de abanico.

**Figura 2.10**

*Estructura externa de la concha de abanico*



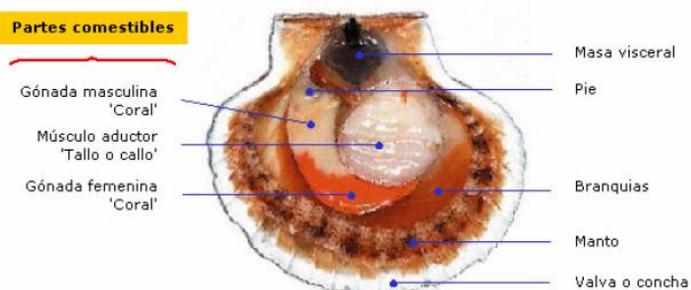
Elaboración propia

Dentro de la concha de abanico se encuentran el musculo aductor “tallo o callo”, la gónada masculina y femenina “corales” que son las partes comestibles y también están las

partes no comestibles como la masa visceral, el pie, las branquias y el manto (MAXIMIXE, 2003). En la Figura 2.11 se puede observar la anatomía interna de la concha de abanico. Se le denomina semilla a la concha pequeña porque nace como larva, la misma que irá engordando hasta alcanzar un tamaño de 7,5 centímetros, garantizando un tallo turgente y una gónada carnosa (Buraschi Goldin, 2017).

### Figura 2.11

*Anatomía interna de la concha de abanico*



Nota. De *Perfil del Mercado y Competitividad exportadora de la Concha de Abanico*, por Sistema Integrado de Información de Comercio Exterior, 2003 (<http://www.siicex.gob.pe/siicex/resources/estudio/25130.pdf>)

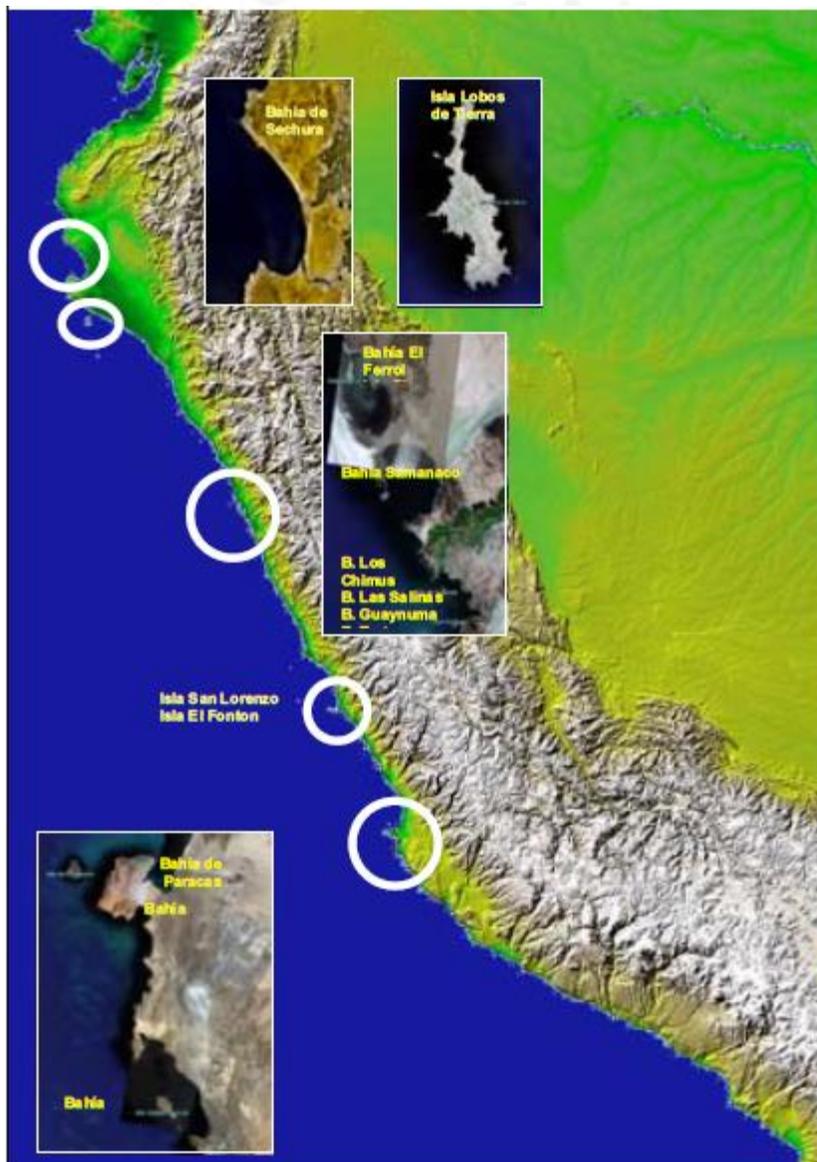
Las conchas se forman por acumulación de sustancias que protegen a los moluscos. Químicamente son carbonatos de calcio ( $\text{CaCO}_3$ ) que le confiere gran dureza a la concha. Una de las aplicaciones de las conchas de abanico es como material estabilizador de suelos arenosos, en la tesis “Uso de concha de abanico triturada para mejoramiento de subrasantes arenosas” se menciona que la concha de abanico triturada tiene una dureza muy similar a la de los agregados pétreos que le confieren mayor resistencia a los suelos (Farfán Raymundo, 2015). Así mismo en la tesis “Desarrollo y evaluación de un material adsorbente a partir de residuos orgánicos para la adsorción de  $\text{Cu}^{+2}$  en soluciones sintéticas” se obtuvo un 99,88% de adsorción de  $\text{Cu}^{+2}$  en un tiempo de contacto de 8 horas, con una relación de cáscara de huevo: conchas marinas de 1:4, se puede observar que la proporción de conchas marinas es la mayor (Salazar Caya, D. & Rodríguez Quispe, 2017).

La producción de conchas de abanico según estimaciones de la Sociedad Nacional de Pesquería (SNP), cada 100 hectáreas de cultivo de conchas de abanico demandan una inversión de 2 millones de dólares y produce cerca de 140 TM anuales, generando empleo directo para más de 200 personas.

En la Figura 2.12 se muestra un mapa de los bancos naturales más importantes de conchas de abanico, estos son áreas donde tradicionalmente existe asentamiento de larvas y por lo tanto el reclutamiento de conchas de abanico intermitente o fluctuante de acuerdo a las condiciones ambientales. Se señalan lugares como la Bahía de Sechura, Isla Lobos de Tierra, Isla Blanca, Bahía de Samanco, Los Chimus, Las Salinas Guaynumá, Tortugas, Bahía Independencia, Bahía Paracas, Lagunillas, Isla San Lorenzo, Isla El Fronton entre otros (Mendo, 2008).

**Figura 2.12**

*Principales bancos de concha de abanico en la costa peruana*



Nota. De *Manejo y explotación de los principales bancos naturales de concha de abanico (Argopecten purpuratus) en la Costa Peruana*, por Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, 2008 (<http://www.fao.org/tempref/docrep/fao/011/i0444s/i0444s07.pdf>)

La producción de conchas de abanico según Produce hasta el año 2017 se muestra en la Tabla 2.6, el incremento en el 2013 se debe a condiciones muy favorables en la Bahía de Sechura mientras que en el 2014, 2015 y 2016 se produjeron reducciones significativas debido a eventos naturales adversos que ocasionaron una gran mortandad, en el 2017 se esperaba una mayor producción sin embargo debido al fenómeno del niño que eleva la temperatura marítima tan sólo se produjo 16 814 TM (Ministerio de la producción, 2019). Al 2019 el 98% de la producción de conchas de abanico se destinaba a la exportación y el 80% de estas exportaciones salían del distrito de la Bahía de Sechura (Piura) (Andina, 2019).

**Tabla 2.6**

*Producción de conchas de abanico*

Año	TM
2011	93 050
2012	39 678
2013	91 474
2014	56 820
2015	30 396
2016	13 343
2017	16 814

Nota. De *Anuario Estadístico Pesquero y Acuícola 2017*, por Ministerio de la Producción 2017, 2017

## 2.7. Estado del arte

Para tener referencias sobre el tratamiento preliminar por el que debe pasar las conchas de abanico antes de ser trituradas, se han encontrado las siguientes investigaciones:

- Capacidad de adsorción de las conchas de abanico en la remoción de iones divalentes de soluciones acuosas. Charulatha S. y Muthulakshmi N., 2018. En esta investigación se busca tratar el plomo presente en soluciones acuosas con un adsorbente que es la concha de abanico en polvo. Aquí se menciona el tratamiento previo por el que pasa la concha de abanico, que es un lavado con ácido clorhídrico (HCl) a 0,1 N por 4 horas para retirar todo tipo de residuo

orgánico, luego se lava con abundante agua destilada y se secan al sol por 24 horas.

- Uso de conchas bivalvas como un enfoque verde para la remoción del azul de metileno. Khalid, Ahmed y Samya, 2016. En esta investigación primero se lavan las conchas con agua para remover las impurezas, luego se blanquean con acetona e hipoclorito de sodio, se lavan con agua destilada y finalmente son secadas por 3 horas a 110°C.

Para tener una referencia del procesamiento de la quitina por medio químico y biológico, se han encontrado las siguientes investigaciones:

- Extracción y caracterización de la quitina y quitosano. Knidri H., Belaabed R., Addaou A., Laajeb A. y Lahsini A. 2018. Se menciona que los caparazones de los crustáceos consisten en 30-40 % proteínas, 30-50% carbonato de calcio, y de 20-30% quitina, pero esta proporción varía dependiendo de la especie. Se muestra un cuadro en el cual se especifica la quitina respecto a sus diferentes fuentes (*penaeus durarum*, *penaeus longirostris*, cangrejo, mejillón, calamar). El cuadro enumera los porcentajes de proteína, ceniza, quitina, humedad y lípidos. También brinda alcances sobre las diferentes formas poliméricas de la quitina como la  $\alpha$  quitina (la más abundante), la  $\beta$  quitina y la  $\gamma$  quitina que es la combinación de las dos primeras. Mencionan el uso de ácido láctico y proteasas para la desmineralización y desproteínización respectivamente como parte del tratamiento biológico y el uso de HCl y NaOH para los mismos procesos como parte del tratamiento químico.
- Nuevo método para la rápida extracción de quitina a partir del caparazón de cangrejo y camarones. Kaya M., Baran T. y Karaarslan M. 2015. En ésta investigación se extrae la quitina por un método puramente químico. Se observa que existe una secuencia diferente en el proceso de extracción, pues primero se hace el blanqueado con NaClO, luego la desmineralización y finalmente la desproteínización.
- Efecto de los tamaños de partícula de la concha de caracol sobre la cinética de la desmineralización de la quitina con ácido acético. Oyekunle D. y Omoleye

J.2019. En esta investigación se hace uso del ácido acético a 1,2 M por 35 minutos para la desmineralización del caparazón del caracol. Para la desproteínización se usó hidróxido de sodio.

- Proteolytic Enzymes. Beynon R. y Bond J. En el capítulo 3 “Protease assay methods” se presenta el método para medir la actividad enzimática, y saber cuántas unidades hay en un miligramo de enzima. Cuando se trabaja con enzimas se trabaja con el término unidades de enzima, cada unidad de enzima representa la cantidad de enzima que produce un aumento de 1 U de absorbancia a pH 10, T=25°C y 30 minutos de incubación.

Para tener una referencia de la adsorción de metales pesados, se han encontrado las siguientes investigaciones:

- Removal of heavy metals (Zn, Cr, Pb, Cd, Cu and Fe) in aqueous media by calcium carbonate as and adsorbent. Khalil Ahmad, Ijaz A Bhatti, Majid Muneer, Munawar Iqbal y Zafar Iqbal, 2012. En esta investigación se hace pasar la solución contaminada con el metal pesado por una columna rellena de carbonato de calcio y se indica que la velocidad con que pasa el líquido por la columna adsorbente es de 4 ml/min. La tendencia en la capacidad de adsorción que se encontró fue del siguiente orden:  $Pb^{2+} > Cd^{2+} > Zn^{2+} > Cu^{2+} > Fe^{3+} > Cr^{3+}$ , donde el porcentaje de remoción fue alrededor del 99%.
- Biosorption of heavy metals from aqueous solutions onto chitin. Nezamaddin Menglizadeh, Mohammadreza Aalipour, Afshin Takdastan y Mostafa Hadei. 2015. En esta investigación se busca conocer el potencial de adsorción de la quitina extraída de los caparazones de langostinos para la remoción de As (V) y Zn (II). Mencionan la importancia del pH de la solución, la dosis del adsorbente, el tiempo de contacto y la concentración inicial del As y Zn. La máxima remoción de As se da cuando la solución se encuentra a pH 4, mientras para el Zn el pH óptimo es de 7. A los 30 primeros minutos se removió el 40% de As y alcanzó el equilibrio a los 120 minutos.
- Removal of heavy metals by chitin: equilibrium, kinetic and thermodynamic studies. Wassila Boulaiche, Boualem Hamdi y Mohamed Trari, 2019. Se estudia

la adsorción de metales pesados como Cd, Ni, Cu, Pb y Zn usando los caparazones de los cangrejos. Mencionan la efectividad, el bajo costo y la facilidad del método. Indican también que a óptimas condiciones de: pH inicial, tiempo de reacción, concentración del metal pesado y dosis de bioadsorbente se logra una remoción de 90%.



## **CAPÍTULO III: DISEÑO EXPERIMENTAL**

Para la obtención de los pellets se tienen como materias primas, a la concha de abanico, las cabezas de langostinos y la goma de tara. Dentro de ellos, el componente más complejo de obtener dentro de todos los mencionados anteriormente es la quitina que se extrae a partir de las cabezas de langostinos, pues para ser obtenida tiene que pasar por diversos procesos químicos y/o biológicos. Las conchas de abanico sólo pasan por procesos físicos de molienda y la goma de tara ha sido adquirida de Molinos Asociados S.A.C. (MASAC) que comercializa productos hechos a base de tara.

En el presente capítulo se analizarán los diferentes métodos de preparación de la quitina, así como también el método de obtención del polvo de conchas de abanico. Se realizará la descripción de cada técnica de caracterización utilizadas tales como Difracción de Rayos X (DRX, del inglés x- ray diffraction), Espectroscopía Infrarroja con Transformada de Fourier (FT-IR, del inglés Fourier Transform Infrared Spectroscopy), Microscopía Electrónica de Barrido (SEM, del inglés Scanning Electron Microscope), Análisis por Termogravimetría (TGA, del inglés Thermogravimetric Analysis), porcentaje de quitina obtenida y prueba de abrasión.

### **3.1. Métodos de preparación**

#### **3.1.1. Tratamiento químico para obtener Quitina**

En la publicación “Nuevo método para la rápida extracción de quitina a partir de caparazones de cangrejos y camarones” realizada por Kaya M., Baran T. y Karaarslan M. en el 2015 se menciona el doble tratamiento con hipoclorito de sodio antes de los tratamientos de desmineralización y desproteínización, en ese orden. La principal diferencia con el método químico convencional son las dos etapas de 10 minutos cada una con el hipoclorito de sodio antes de las etapas de desmineralización y desproteínización, se menciona que el propósito principal del hipoclorito de sodio es remover los pigmentos. Después del tratamiento con el hipoclorito de sodio, sólo serán necesarios 15 minutos para la desmineralización y 20 minutos para la desproteínización, a comparación del método clásico que involucra

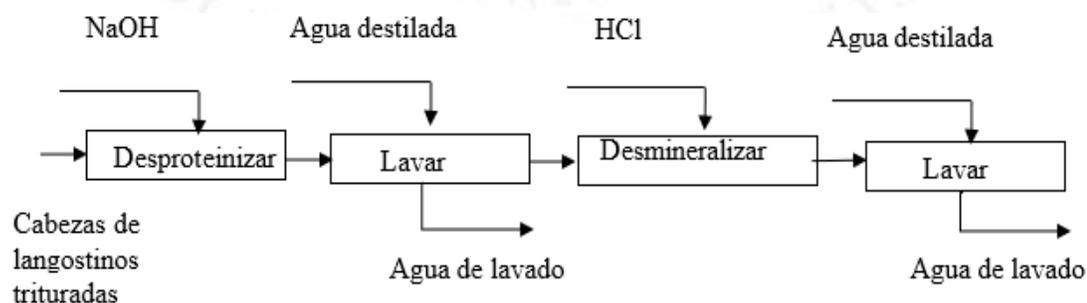
desmineralización (1-4 horas), desproteínización (16- 24 horas) y decoloración (1-2 horas) en ese orden.

De acuerdo a la revisión bibliográfica y tratando de utilizar un método que permita obtener la quitina en menor tiempo, se realizó el diseño del siguiente método de extracción de quitina:

Se descongelan las cabezas de langostinos, luego se realiza un lavado previo con abundante agua, se pesa la cantidad que se va a tratar, se tritura en una licuadora para reducir el tamaño de partícula e incrementar la superficie de contacto entre los exoesqueletos y los reactivos. Se coloca el licuado en un vaso de precipitados para luego proceder con la desproteínización, donde se agrega una solución de NaOH 1M y se calienta durante 20 minutos. Luego se lava con abundante agua destilada para retirar el excedente de NaOH y luego iniciar la desmineralización donde se agrega la solución de HCl 1M y se lleva a 75°C por 15 minutos. Posteriormente, se lava con abundante agua destilada para retirar el excedente de HCl y finalmente se somete al secado por 16 horas. La quitina obtenida y se muele en el molino de bolas para reducir el tamaño. En la figura 3.1 se muestra el diagrama de bloques del tratamiento químico para la quitina. En la figura 3.2a se puede observar en primer lugar las cabezas de langostinos ya descongeladas y colocadas en una bandeja, en la figura 3.2b se observa los langostinos molidos con la solución de NaOH y siendo controlada la temperatura en el interior por un termómetro, en la Figura 3.2c se observa el proceso de desmineralización con la solución de HCl y controlando la temperatura hasta 75°C.

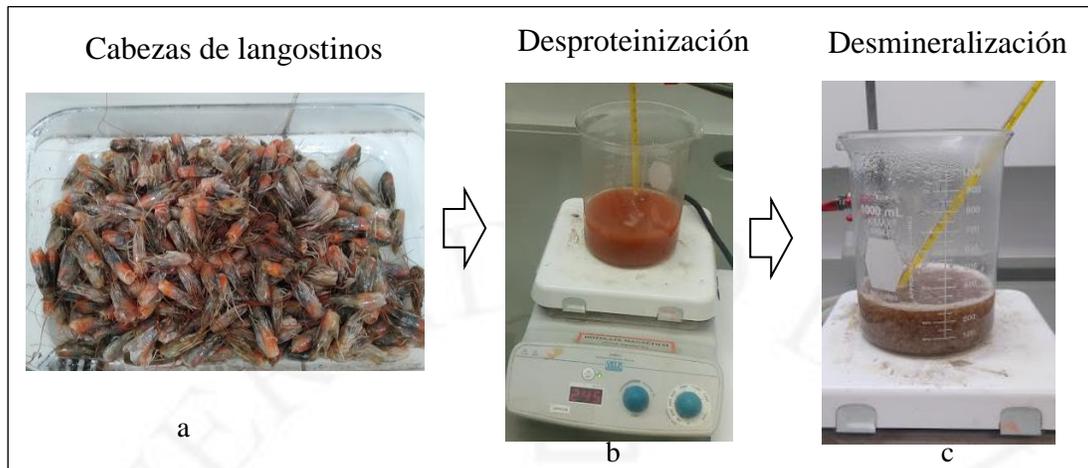
### Figura 3.1

*Diagrama de bloques para el tratamiento químico de la quitina*



### Figura 3.2

*Elaboración de Quitina por método químico*



En la Figura 3.2 se puede observar la quitina extraída por método químico, la cual ha sido sometida al proceso adicional de decoloración con NaClO (3% w/v).

### Figura 3.3

*Quitina extraída por método químico*



#### 3.1.2. Tratamiento biológico para obtener Quitina

En la publicación “Preparación de quitina y quitosano a partir de caparzones de langostinos usando desproteínización enzimática.” Realizada por Younes I., Ghorbel O., Nasri R., Chaabouni M. y Rinaudo M. en el 2012, la desmineralización se realiza mediante el proceso químico utilizando HCl 1.5 M durante 6 horas a 50 °C, mientras que la desproteínización se realiza mediante el proceso biológico donde se utilizan varias enzimas entre las cuales

encontramos enzimas comerciales como la Bromelina y la Alcalasa. Bajo condiciones de pH 8, temperatura 50°C y tiempo de agitación de 3 horas usando 7,75 U/mg (U= unidades de enzima), se obtiene un rendimiento de la quitina de 18,5 +/- 2,3% (Younes et al.; 2012)

En la publicación “Efecto de los tamaños de partícula de la concha de caracol sobre la cinética de la desmineralización de la quitina con ácido acético” realizada por Oyekunle D. y Omoleye J. en el 2019 se realiza la desproteización utilizando 2 ml de NaOH 1M por cada gramo de caparazón de caracol durante 2 horas a temperatura de 80°C. La desmineralización se realiza utilizando ácido acético 1,2 M durante 35 minutos donde cada gramo de caparazón utiliza 3 ml de ácido acético (Oyekunle, Daniel T. ; Omoleye, 2019).

Tratando de mejorar los métodos actuales para la obtención de la quitina, se procedió a diseñar un método biológico donde se consideraron los siguientes pasos:

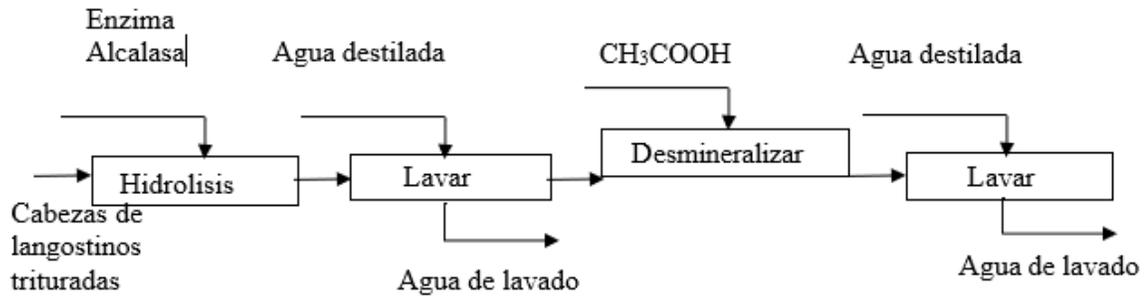
1. Pesar las cabezas de langostinos
2. Triturar las cabezas de langostinos
3. Desproteizar el licuado agregando NaOH hasta alcanzar el pH 9.
4. Calentar el producto hasta los 50°C y agregar la enzima Alcalasa dejando reposar el preparado durante 3 horas.
5. Lavar con abundante agua para retirar los restos de NaOH.
6. Desmineralización con CH<sub>3</sub>COOH 1,2 M y llevando la mezcla a 30°C por 30 minutos.
7. Lavar con abundante agua
8. Secar el producto durante 12 horas

En la Figura 3.4 se muestra el diagrama de bloques del tratamiento biológico de la quitina.

La Figura 3.5 muestra el proceso de extracción de quitina mediante el método biológico, donde se puede observar el reactor con la mezcla de los langostinos triturados (Fig. 3.5a), el proceso de desproteización (Fig. 3.5b) y proceso de desmineralización (Fig. 3.5 c)

**Figura 3.4**

*Diagrama de bloques para el tratamiento biológico de la quitina*



**Figura 3.5**

*Elaboración de Quitina por método biológico*



A continuación se presenta la reacción que ocurre al tratar el carbonato de calcio con el ácido acético, se puede observar que los productos obtenidos son acetato de calcio ( $\text{Ca}(\text{CH}_3\text{COO})_2$ ), agua y dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ):

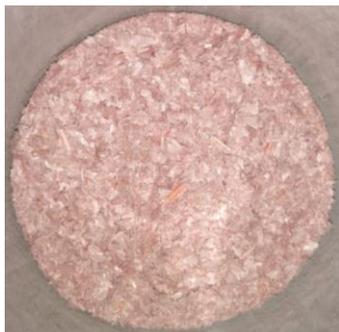


En la Figura 3.6 se puede observar la quitina extraída por método biológico, donde es necesario mencionar que el color rosáceo que se aprecia es debido a que no se ha realizado

el proceso adicional de blanqueado, es decir aún conserva el color que le confiere la astaxantina.

### **Figura 3.6**

*Quitina extraída por método biológico*



#### **3.1.3. Obtención del polvo de las conchas de abanico**

En la publicación “Uso de conchas bivalvas como un enfoque verde para la remoción del azul de metileno” realizada por Elwakeel K., Elgarahy A. y Mohammad S. en el 2016 se obtiene polvo de conchas de abanico mediante el siguiente procedimiento: primero se lavan las conchas con agua para remover las impurezas de la superficie, luego las valvas son decoloradas siendo remojadas en acetona por 10 minutos y secadas a temperatura ambiente por 2 horas. Para seguir con el blanqueado se remojan en una solución de hipoclorito de sodio por 3 horas, en seguida son lavadas con agua destilada y secadas por 3 horas a 110 °C.

Finalmente, para convertirlas en polvo se utilizó un molino y el polvo obtenido se llevó a secar por 1 hora a 110 °C para remover la humedad que podría haber quedado (Elwakeel, Khalid Z. ; Elgarahy, Ahmed M.; Mohammad, 2017).

En la publicación “Capacidad de sorción de moluscos bivalvos en la eliminación de iones divalentes de soluciones acuosas” realizada por Charulatha S. & Muthulakshmi N. en el 2018 se obtiene polvo de conchas de abanico de la siguiente manera: Se remojan las valvas en una solución de 0,1 M de HCl por 4 horas, se lavan varias veces con agua destilada, se secan a temperatura ambiente por 24 horas y luego se muelen utilizando un molino para luego ser pasado el polvo por un tamiz (Charulatha, S.; Muthulakshmi Andal, 2018).

Finalmente, para lavar y limpiar las conchas de abanico se escogió el siguiente método:

1. Lavar con agua para quitar cualquier impureza de la superficie.
2. Sumergir en una solución 0,1 M de HCl por 5 horas.
3. Lavar con agua destilada.
4. Colocar en la estufa por 24 horas a 110 °C.

Posteriormente, se procedió a la reducción del tamaño de las conchas utilizando un molino de discos y por último el molino de bolas para obtener un polvo fino que permita mejorar la adsorción.

### **3.2. Técnicas de caracterización**

#### **3.2.1. Difracción de Rayos X (DRX)**

La Difracción de Rayos X es una técnica que permite identificar materiales a partir de su estructura cristalina. El concepto de difracción, en que se basa la técnica, es una manifestación del carácter ondulatorio de la radiación electromagnética. Cuando un grupo de ondas electromagnéticas incide sobre objetos muy pequeños separados por distancias cercanas a su longitud de onda, pueden desviar su trayectoria sumando o anulando su intensidad en un punto del espacio. La radiación X tiene un rango de longitudes de onda entre 0,1 Å – 10 Å. Como los átomos de la materia tienen este rango de distancia entre ellos, las capas electrónicas producen la difracción de la radiación X incidente, mostrando máximos y mínimos de intensidad sobre una pantalla o detector. Cuando los átomos están distribuidos de una forma periódica, los patrones de radiación difractados son característicos de cada distribución particular de átomos. Estos ordenamientos se denominan estructuras cristalinas, y al patrón de radiación difractado se le denomina difractograma. Es así que una estructura cristalina cúbica muestra un difractograma distinto al que se obtendría si la estructura cristalina del material fuera hexagonal. El difractómetro es un equipo que tiene un generador interno de rayos X, generalmente de una longitud de onda  $\lambda = 1,546 \text{ \AA}$ . Esta radiación es dirigida con un ángulo de incidencia  $\theta$  sobre la muestra y es difractada hacia un detector que se desplaza barriendo todos los ángulos posibles de difracción. Un análisis detallado de la difracción revela que los patrones de difracción se pueden considerar como reflexiones de la radiación sobre planos formados por átomos. La relación entre el ángulo de incidencia y la distancia entre estos planos está dada por la ecuación de Bragg:

$$n\lambda = 2d \sin\theta$$

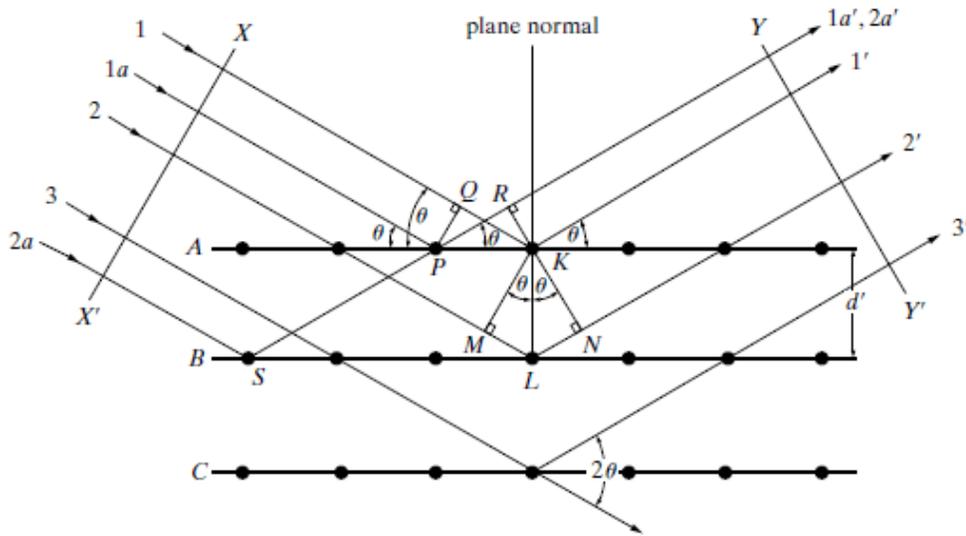
Donde:

- $\lambda$  Longitud de onda de los rayos X
- $d$  Distancia entre planos del cristal
- $\theta$  Ángulo de reflexión
- $n$  Número entero

En la Figura 3.7 se muestra el diagrama de un grupo de rayos incidentes (1a, 2a, 1, 2, 3) y los rayos difractados (1a', 2a', 1', 2', 3') reflejados por los planos cristalográficos A, B, C. En el diagrama la distancia “d” entre planos está representada por el segmento KL.

**Figura 3.7**

*Ley de Bragg*



Nota. De *Elements of X-Ray Diffraction*, por Cullity, B. D y Stock S.R., 2014, Pearson Education.

Si bien el análisis anterior se aplica a cristales individuales (monocristales), es posible analizar muestras pulverizadas gracias a que la radiación difractada se refuerza en cada partícula que se encuentra ubicada en forma aleatoria en el porta muestra, siempre que cumpla con la ecuación de Bragg (H. Seeck, Oliver; M. Murphy, 2014).

En la Figura 3.8 se muestra el difractor de la Facultad de Ciencias de la Universidad Nacional de Ingeniería (UNI), mientras que en la Figura 3.7 se puede observar el porta muestra de sección circular para la contención de muestras en polvo, los cuales fueron utilizados para el análisis de las muestras. El porta muestra es utilizado para colocar

la muestra pulverizada, la cual se coloca en el equipo posteriormente para realizar las medidas.

**Figura 3.8**

*Difractómetro de polvo Bruker D8*



**Figura 3.9**

*Portamuestra de sección circular*



Nota. De Portamuestra, por Centex, 2020

(<http://centex.com.pe/brochure/FOLLETO%20D2%20PHASER.pdf>)

### **3.2.2. Espectroscopía infrarroja con transformada de Fourier (FT-IR)**

La espectroscopía infrarroja permite identificar y cuantificar la presencia de un compuesto químico en cualquiera de las fases, sólida, líquida o gaseosa.

La técnica consiste en irradiar la muestra con radiación cuya longitud de onda se encuentre entre 2,5  $\mu\text{m}$  y 25  $\mu\text{m}$ . Las diferentes moléculas que forman el compuesto, absorben la radiación en longitudes de onda características dentro del rango señalado. Un detector registra la cantidad absorbida por el compuesto en función de la longitud de onda. Este gráfico, conocido como espectro, muestra las frecuencias (vibraciones moleculares) que son características de los grupos funcionales presentes en una muestra.

Los espectrofotómetros utilizan un dispositivo óptico conocido como interferón, el cual genera el espectro infrarrojo con gran resolución y rapidez. Uno de los elementos matemáticos de los que se vale esta técnica es la transformada de Fourier, la cual permite obtener espectros más definidos.

Las muestras pueden ser medidas en líquido, sólido (compactas o en polvo) o gaseoso. Para la medición de las muestras se ha utilizado la técnica de ATR (del inglés Attenuated Total Reflectance), lo cual permitió medir las muestras sin alterarlas.

La Figura 3.10 muestra el equipo Nicolet iS10 Thermo Scientific, el cual se encuentra en la Facultad de Ciencias de la Universidad Nacional de Ingeniería y que fuera utilizado para el análisis de las muestras.

**Figura 3.10**

*Espectrofotómetro FTIR (Nicolet iS10 Thermo Scientific)*



### 3.2.3. Microscopía electrónica de barrido (SEM)

En la microscopía electrónica de barrido se libera un haz de electrones acelerados sobre la superficie de la muestra, los cuales producen interacciones tales como pérdida de energía al chocar con otros electrones lo que puede provocar que estos salgan despedidos o reboten, estos son los electrones secundarios. La detección de electrones secundarios permite entender la topología de la muestra y obtener imágenes de alta resolución de la superficie.

La aceleración de los electrones depende de la muestra en análisis, si se tratan de muestras biológicas, la aceleración de los electrones debe ser con un voltaje pequeño lo cual evita posibles daños a la muestra. De ser una muestra metálica es recomendable acelerar los electrones con una potencia elevada, ya que no ejerce daño a la muestra y se obtienen mejores resultados (Ponce Alvarez, 1999).

Dentro de las aplicaciones de la microscopía electrónica de barrido se tiene:

- Estudio de la micro estructura por medio de la obtención de imágenes directas a nivel atómico, debido a que las propiedades fisicoquímicas de un material están íntimamente relacionadas con su estructura, resulta bastante evidente que el conocimiento de la estructura real de los sólidos es necesario para interpretar y relacionar estas propiedades.
- Determinación del grado de cristalinidad y morfología de las muestras.
- Estudio de diversos tipos de orden. Presencia de defectos y estado de agregación de los mismos (Herrero, P.; Baró, 1993).

En la Figura 3.11 se muestra el equipo de microscopía electrónica de barrido utilizado para las mediciones en el presente trabajo de investigación. Este equipo es el Zeiss EVO MA10 y le pertenece a la Facultad de Ciencias de la Universidad Nacional de Ingeniería, el cual fue utilizado para el análisis de las muestras.

### **Figura 3.11**

*Microscopio Electrónico de Barrido Zeiss EVO MA10*



#### **3.2.4. Análisis Termogravimétrico (TGA)**

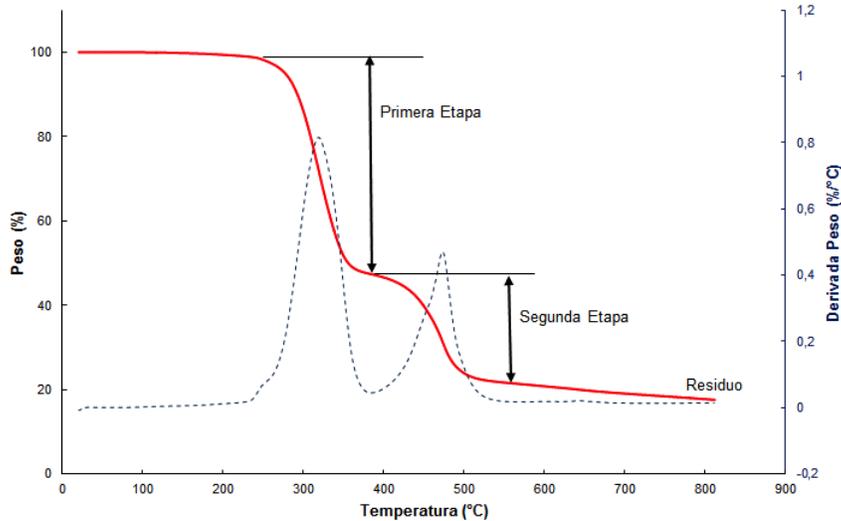
La termogravimetría (TGA) permite medir las variaciones de masa que puede experimentar una muestra cuando es calentada en forma controlada en atmósferas variables. Las curvas que proporciona un equipo de termogravimetría se denominan termogramas los cuales muestran la variación de masa versus la temperatura de calentamiento. A partir de los termogramas pueden estudiarse procesos de adsorción (aumento de masa), desorción (pérdida de masa), estabilidad térmica en atmósferas oxidantes o reductoras, presencia de impurezas etc.

En esta investigación la termogravimetría permite identificar los pasos de descomposición térmica de la quitina obtenida, comparándolo con termogramas reportados por otras investigaciones. La principal aplicación de esta técnica de caracterización será el monitoreo de purificación de la quitina obtenida. Para ello se colocan en el portamuestra de alúmina aproximadamente 20 mg de la muestra y se calientan desde temperatura ambiente hasta 800 °C. Si la muestra tiene contenido mineral, permanecerá en el crisol como una masa residual cuando todo el contenido orgánico se haya dissociado en fase gaseosa.

La variación de peso se puede representar bien en mg o en porcentaje de muestra original (Rojas, 1993).

### Figura 3.12

Termograma donde se indica la pérdida de masa (%peso) vs. la temperatura de calentamiento de la muestra



Nota. Adaptado de “Recuperación de Policloruro de Vinilo (PVC) a partir de tarjetas de identificación para la obtención de materiales plastificados”, por F. Inca, F. Quiroz y M. Aldás, 2016, Revista Politécnica, 37 ([https://www.researchgate.net/publication/304012701\\_Recuperacion\\_de\\_Policloruro\\_de\\_Vinilo\\_PVC\\_a\\_Partir\\_de\\_Tarjetas\\_de\\_Identificacion\\_para\\_la\\_Obtencion\\_de\\_Materiales\\_Plastificados](https://www.researchgate.net/publication/304012701_Recuperacion_de_Policloruro_de_Vinilo_PVC_a_Partir_de_Tarjetas_de_Identificacion_para_la_Obtencion_de_Materiales_Plastificados))

En la Figura 3.13 se muestra el equipo para el análisis termogravimétrico, LABSYS VO STA 1150-Setaram que opera en un rango de temperatura ambiente hasta 1 100 °C, el cual fue utilizado para el análisis de las muestras.

### Figura 3.13

LABSYS evo STA 1150-Setaram



### 3.3. Determinación del porcentaje de quitina obtenida

El grado de pureza de la quitina obtenida se determinó siguiendo el método de Black y Schwartz (Black, M.M; Schwartz, 1950). Este método consiste en colocar 5 g de muestra de quitina en un matraz balón y se agregan 100 ml de HCl al 3% para luego someterla a reflujo por 60 minutos. La muestra obtenida se lava hasta alcanzar pH 7. Posteriormente, se le agrega a la muestra 100 ml de NaOH al 5 % y se refluja por 60 minutos más. El producto obtenido es lavado hasta eliminar el NaOH. La muestra es pesada y posteriormente secada a 110 °C por 15 minutos y luego se vuelve a pesar. Por último, se incinera a 700 °C por 30 minutos y se pesa. El porcentaje de quitina en la muestra se calcula con la siguiente ecuación: (Cisneros Pérez, I. et al., 2019)

$$\% \text{Quitina} = \left( \frac{W_{ms} - W_{mi}}{W_m} \right) \times 100$$

Donde:

$W_{ms}$  = masa de la muestra seca (g)

$W_{mi}$  = masa de la muestra incinerada (g)

$W_m$  = masa de la muestra inicial (g)

### 3.4. Pruebas de abrasión

Esta prueba es importante porque con ella se conocerá la durabilidad y resistencia de los pellets, los cuales deben ser resistentes a la fricción entre ellos y al contacto con el flujo continuo del agua.

La abrasión es la acción de desgastar por fricción los pellets dentro de un tambor giratorio a una determinada velocidad y tiempo. La evaluación de la resistencia a la abrasión se realiza a partir del incremento de material fino que se produce por el efecto de golpeo dentro del tambor cilíndrico.

El proceso de la prueba de abrasión es como sigue: se introducen 25 pellets en un tambor rotatorio con diámetro interior de 130 mm y una profundidad de 110 mm, la velocidad de rotación para el análisis se fijó a 35 rpm y luego a 300 rpm, los pellets son retirados del tambor y cada pellet es analizado y pasado por un tamiz de 2 mm. Las partículas con tamaños por debajo de 2 mm se pesan para determinar el índice de abrasión utilizando la siguiente ecuación:

$$AI = \frac{\text{Masa menor a 2 mm} \times 100}{\text{Masa inicial}}$$

Se considera que a menor AI se presenta una mejor calidad de pellet (Alarcón et al., 2017)

### 3.5. Determinación de la capacidad de adsorción de los pellets

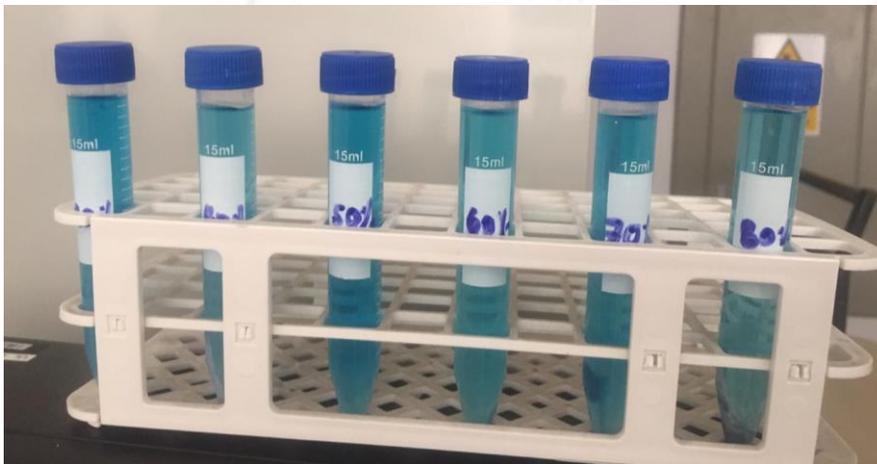
Con el fin de obtener el pellet capaz de adsorber la mayor cantidad de contaminante, se realizaron pruebas de adsorción utilizando el equipo UV-Visible Lambda 21, Perkin Elmer donde se utilizó el rango de 200 – 800nm a una resolución de 1,0 nm. Se utilizaron celdas de poliestireno a una longitud óptica de 10 nm.

Las pruebas de adsorción se realizaron utilizando el azul de metileno como contaminante a adsorber. Para ello, se preparó una solución de azul de metileno de 30 ppm de concentración con el fin de adsorber el contaminante en los pellets preparados y determinar la capacidad de adsorción de cada pellet.

Para ello, se preparó previamente una curva de calibración con soluciones de diferentes concentraciones de azul de metileno y posteriormente se procedió a realizar las adsorciones con los pellets. Transcurridos los 30 minutos, se procedió a retirar los pellets y centrifugar la solución con el fin de eliminar los posibles residuos sólidos. Posteriormente, se tomó una alícuota de la solución centrifugada de cada una de las muestras y se colocaron en las celdas de poliestireno para realizar la determinación de la concentración con el espectrofotómetro UV-Visible.

#### Figura 3.14

*Estudios de adsorción del azul de metileno*



### 3.6. Pruebas de adsorción de arsénico en agua

El proceso por el cual ciertos componentes de una mezcla líquida o gaseosa son atrapados en la superficie de un material, se denomina proceso de adsorción (Hamburg, s.f.) La prueba de adsorción permite conocer la cantidad máxima que puede atrapar determinado material a ciertas condiciones.

Para la evaluación de la capacidad de adsorción de los pellets, se utilizó una solución patrón de arseniato de sodio dibásico heptahidratado ( $\text{Na}_2\text{HAsO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ ), la cual fue el adsorbato mientras que los pellets fueron los adsorbentes. El estudio de adsorción se llevó a cabo sobre una placa de calentamiento (Fig. 3.15) a condiciones controladas de velocidad de agitación, temperatura y tiempo de adsorción. Las muestras de agua fueron analizadas posteriormente mediante el equipo cromatógrafo PS Analytical Millennium Excalibur de la Universidad de Lima.

**Figura 3.15**

*Estudios de adsorción de arsénico*



El proceso de remoción de adsorción de arsénico en agua utilizando los pellets se inicia con la preparación de la solución de arseniato de sodio de 0,1 ppm. Esta solución se coloca en los vasos de precipitados de manera que todos contengan la misma cantidad de solución contaminada artificialmente con arsénico. A continuación, se colocó un pellet que se encontraban dentro de una malla, con el fin de que la agitación no rompa al pellet durante el proceso de adsorción. Los estudios de adsorción se desarrollaron por espacios de hasta 2 horas con el fin de estudiar la capacidad de remoción de los pellets. En cada vaso se colocaron pellets con diferente relación de quitina: polvo de conchas con el fin de evaluar la eficiencia de cada uno. Se procedió a extraer muestras de agua cada 15 minutos hasta llegar a las 2

horas. Las muestras fueron filtradas para separar las partículas mayores a los 0,22 mm. Posteriormente, se procedió a construir la curva de calibración del arsénico en el equipo PSA y luego se colocaron las muestras filtradas en tubos de 50 ml. Seguidamente, las muestras se colocaron en la rejilla del equipo y se procedió a programar la medición de las muestras de manera automática.



## CAPÍTULO IV: RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el presente capítulo se presentarán los resultados de las pruebas mencionadas en el capítulo III, las pruebas realizadas a la quitina, al polvo de conchas y a los pellets; como el DRX, FTIR, SEM para la quitina, DRX, SEM, TGA para el polvo de conchas de abanico y para los pellets la prueba de abrasión. Los resultados obtenidos serán interpretados y analizados en este capítulo

### 4.1. Métodos de preparación

#### 4.1.1. Método elegido para preparación de quitina

Tal como se detalló en el capítulo III se evaluaron dos métodos para extraer quitina, el método químico y el método biológico. Cada uno con características diferentes las cuales se enumera a continuación (Tabla 4.1):

**Tabla 4.1**

*Características según cada método de extracción*

	Método Químico	Método Biológico
<b>Insumos Utilizados</b>	NaOH HCl	Enzima Alcalasa Ácido Acético
<b>Duración de la extracción (horas)</b>	1 h	4 h
<b>Procesos adicionales</b>	Lavado con agua destilada luego de cada proceso	Lavado con agua destilada luego de cada proceso

Se puede observar que la primera diferencia es la naturaleza de los insumos utilizados mientras para el método químico se usan bases y ácidos fuertes, para el método biológico se usan enzimas y ácidos orgánicos. Esta primera diferencia denota la ventaja del método biológico frente al método químico debido a que es más amigable con el medio ambiente. Sin embargo, en la segunda diferencia referente al tiempo de procesamiento, la extracción de quitina por método biológico tarda más que la extracción por método químico. En la tercera característica referente a los procesos adicionales, en ambos métodos es necesario el uso de abundante agua para el lavado de los remanentes de los reactivos utilizados.

Los ácidos y bases fuertes utilizados en el método químico ayudan a que las reacciones para desproteinizar y desmineralizar el exoesqueleto de los langostinos sean más rápidas. Esta rapidez de procesamiento le otorga al método químico la gran posibilidad de replicarse a nivel industrial con mucha efectividad. Además, el uso de estos ácidos y bases fuertes implica una completa remoción de los carbonatos (El Knidri et al., 2018). Sin embargo, al utilizar estos reactivos el efluente del proceso debería tratarse preliminarmente antes de ser dispuesto hacia el exterior, hecho que incrementaría el costo del producto final. En cuanto al método biológico se conoce que, por los insumos usados, las proteínas y los carbonatos extraídos pueden ser utilizados como nutriente de seres humanos y animales sin ser tóxicos para ellos (Kaur, Surinder; Singh Dhillon, 2013). Además, debido a que el efluente no contiene elementos nocivos puede ser vertido hacia el exterior sin tratamientos previos y sin tener costos adicionales por ello. En base a este análisis se eligió el método biológico para la extracción de quitina.

## **4.2. Resultados de la caracterización de los materiales**

### **4.2.1. Difracción de Rayos X (DRX)**

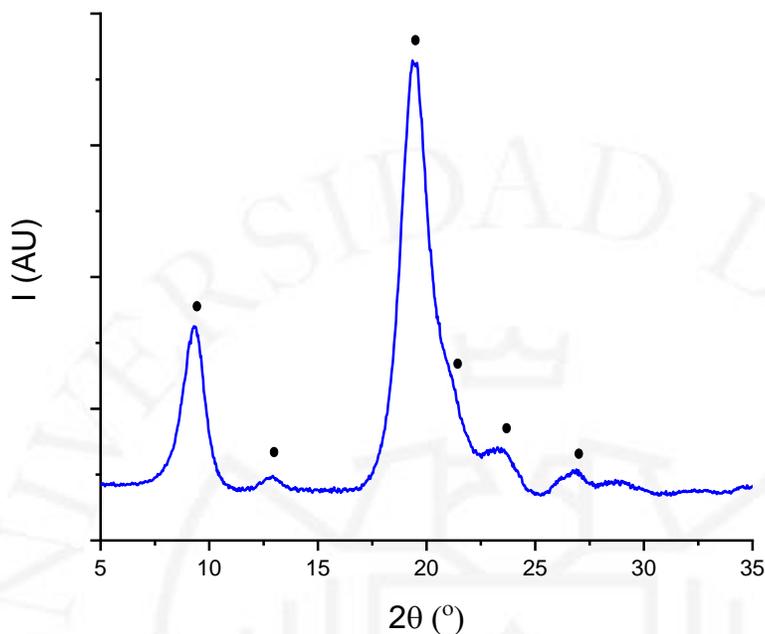
#### **a) Quitina**

El equipo utilizado ha sido el difractómetro de polvo modelo Bruker D8 Advance de la Facultad de Ciencias de la UNI. La quitina analizada fue producida por el método biológico según el procedimiento descrito en el punto 3.1.1. Las muestras fueron pulverizadas en un mortero de Ágatha hasta pasar por un tamiz de malla Mesh #270 (tamaños menores a 53 micrómetros) y fueron colocados en el portamuestras de cavidad circular en posición horizontal. Los rayos X son generados por un cátodo de cobre (Cu,  $K\alpha$ ) que emite una longitud de onda de  $\lambda = 1,54178$  Å. El análisis se hizo en un rango de  $6^\circ$  hasta  $90^\circ$  con una resolución de  $0,01^\circ$ . La corriente del cátodo y el voltaje fueron de 20 mA y 40 kV respectivamente.

En la Figura 4.1 se puede observar el difractograma de la muestra de quitina. Este señala 6 picos en los ángulos de difracción  $2\theta$ :  $9,34^\circ$ ;  $12,88^\circ$ ;  $19,47^\circ$ ;  $21,20^\circ$ ;  $23,56^\circ$ ;  $26,89^\circ$ . Estos picos de difracción corresponden a la  $\alpha$ -quitina, que es una de las fases más estables de la quitina.

**Figura 4.1**

*Difractograma de la quitina obtenida por el método químico con HCl.*



Para la identificación de quitina se comparó con los resultados publicados en los siguientes artículos:

- (Wang, Chao; R.Esker, 2014)
- (Mogilevskaya, E.L; Akopova, T.A; Zelenetskii, A.N; Ozerin, 2006)
- (Larbi, Fatma; García, Araceli; Del Valle, Luis J.; Hamou, Ahmed; Puiggali, Jordi; Belgacem, Naceur; Bras, 2018)
- (Goodrich, Jacob D.; Winter, 2007)

El tamaño de cristal obtenido mediante la ecuación de Scherrer fue de 11 nm.

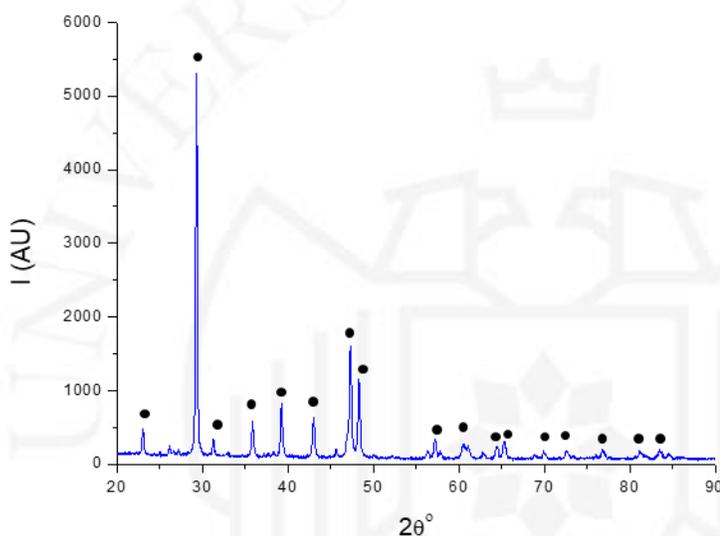
#### **b) Conchas de abanico**

El equipo utilizado ha sido el difractómetro de polvo modelo Bruker D8 de la Facultad de Ciencias de la UNI. El polvo de conchas de abanico analizado fue producido según el procedimiento descrito en el capítulo 3.1.3. La preparación de la muestra y las condiciones de funcionamiento del difractómetro son las mismas usadas para la quitina.

En la Figura 4.2 se puede observar el difractograma del polvo de concha de abanico, el programa identificó al carbonato de calcio como componente principal con un porcentaje de 94% y en menor proporción, la presencia de la fase aragonita (un tipo de carbonato de calcio presente en las conchas de los moluscos) con un porcentaje de 6 %. Los puntos oscuros sobre los picos fueron identificados como pertenecientes a  $\text{CaCO}_3$ .

**Figura 4.2**

*Difractograma del polvo de conchas de abanico*



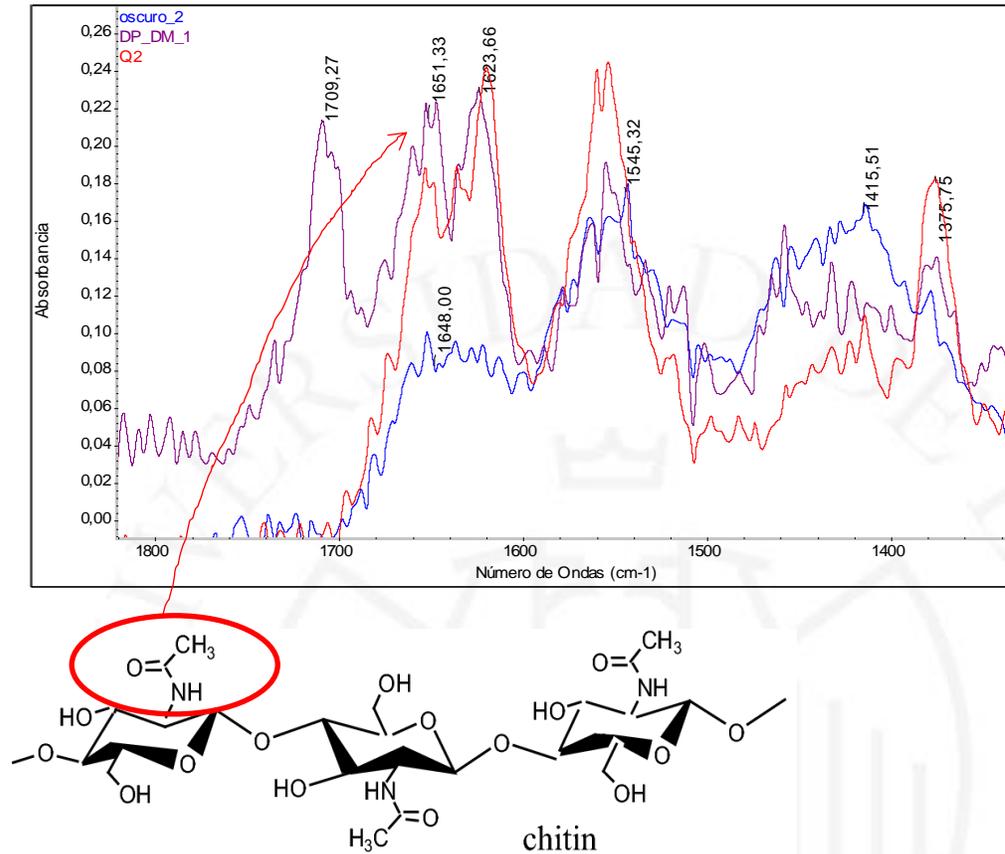
Para la identificación de los minerales de la muestra en polvo se utilizó el software MATCH, con la base de datos ICDD-PDF.

#### **4.2.2. Espectroscopía infrarroja con transformada de Fourier (FT-IR)**

##### **a) Quitina**

Para identificar las vibraciones de las moléculas se utilizó el equipo Nicolet iS10 Thermo Scientific. El método de reflectancia total atenuada (ATR) fue aplicado con 40 scans a una resolución de  $4 \text{ cm}^{-1}$  con una longitud de onda entre  $400\text{-}4000 \text{ cm}^{-1}$ . Luego el software OMNIC fue usado para las correcciones de longitud de onda y el procesamiento de los datos. La quitina analizada fue producida por el método químico según el procedimiento descrito en el punto 3.1.1 de la presente investigación. En la Figura 4.3 se muestra la vibración en  $1651,3 \text{ cm}^{-1}$  que corresponde al doble enlace de la molécula  $\text{C}=\text{O}$ .

**Figura 4.3**  
*Espectroscopía Infrarroja (FT-IR) de la quitina*



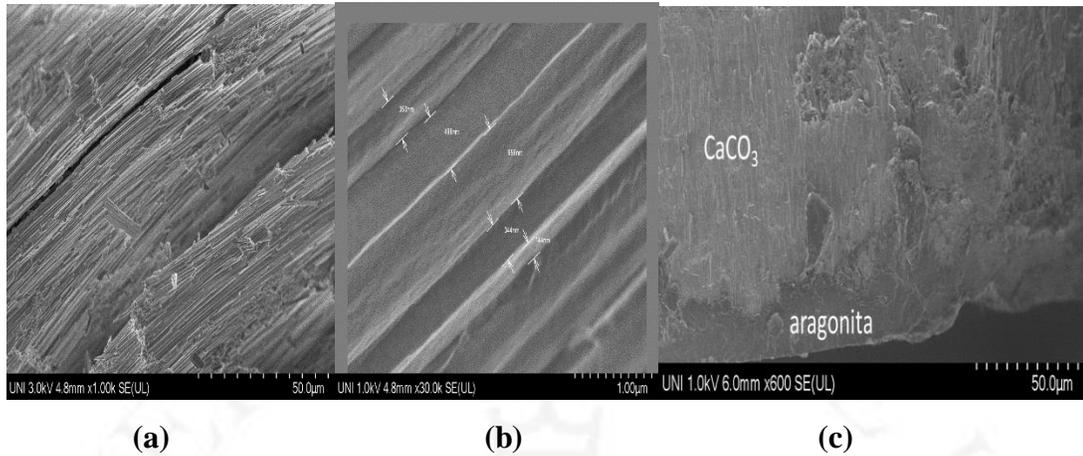
### 4.2.3. Microscopía electrónica de barrido (SEM)

#### a) Concha de abanico

La Figura 4.4 muestra las micrografías del corte transversal de la concha de abanico. En (a) se aprecia el crecimiento de una estructura columnar, en dirección perpendicular a la superficie exterior. Su composición es predominantemente CaCO<sub>3</sub> cristalino como revela el difractograma de rayos X de la Figura 4.2. La micrografía (b) permite apreciar con más detalle la separación entre los bordes de crecimiento, que oscilan entre 400 nm-800nm. En la parte inferior de la micrografía (c) que corresponde a la parte interna de la concha de abanico, se distingue una zona delgada, de textura suavizada, que es la fase de carbonato de sodio llamada aragonita (Kelton, K.F; Greer, 2010). Su presencia también fue detectada por difracción de rayos X hasta un 4% en peso.

## Figura 4.4

*Microscopía electrónica de barrido (SEM) para la concha de abanico*



### 4.2.4. Análisis termogravimétrico (TGA)

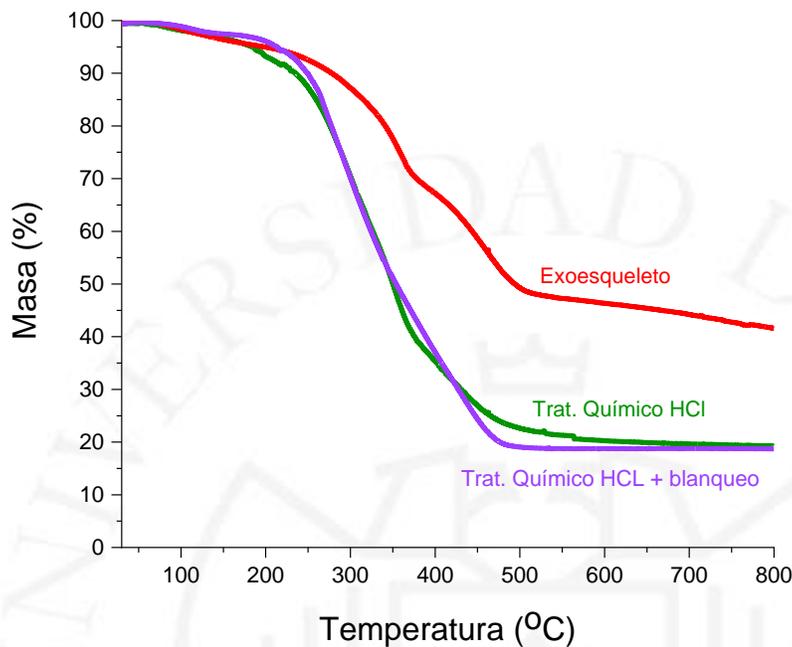
#### a) Quitina

En la Figura 4.5 se observan los termogramas de exoesqueleto (rojo), la quitina desmineralizada con HCl (verde) y de la quitina desmineralizada con HCl pero además blanqueada mediante la aplicación de hipoclorito de sodio (lila). Como se explicó en la sección 3.2.5, los termogramas permiten visualizar la eficiencia con que el tratamiento ácido elimina los componentes minerales de las muestras. Se ha establecido que la cutícula del exoesqueleto contiene pequeñas cantidades de carbonato de calcio, que le aportan rigidez (Nagasawa, 2012). Si la muestra no ha sido completamente desmineralizada, estos residuos quedarán como una masa remanente a altas temperaturas, como se aprecia en los termogramas de la Figura 4.5.

Debido al contenido de minerales del exoesqueleto, se observa que tiene una masa residual de hasta 40% cuando es calentada hasta 800 °C. Sin embargo, las muestras de quitina dejan un residuo de 18%. Esto demuestra la eficiencia del HCl para la disolución del contenido mineral de carbonato de calcio. En todos los casos se observa que la disociación del contenido orgánico empieza aproximadamente a partir de 250 °C.

**Figura 4.5**

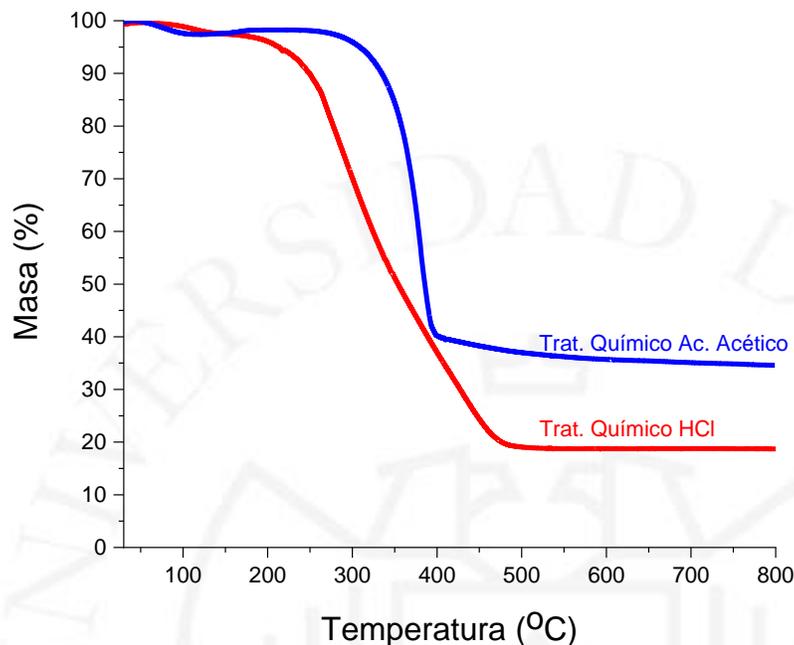
*Análisis Termogravimétrico (TGA) para la quitina*



El análisis de los termogramas también permite comparar la pureza de quitina obtenida con diferentes métodos de desmineralización. Según se explicó en el capítulo 3.1 se desmineralizó la quitina por dos métodos: usando ácido clorhídrico y usando ácido acético. En la figura 4.6 se puede observar unos termogramas de muestras de quitina obtenidas usando ácido clorhídrico y ácido acético. Con ácido acético, queda un residuo de masa del 40% del valor inicial, mientras que con ácido clorhídrico se reduce a 18% de la masa inicial. Se observa la menor masa residual de origen mineral que deja el proceso con ácido clorhídrico. Esto demuestra la mayor eficiencia de éste, aunque su impacto ambiental es mayor.

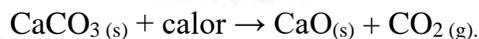
**Figura 4.6**

*Análisis Termogravimétrico (TGA) para quitina tratada con Ácido Acético*



**b) Concha de abanico**

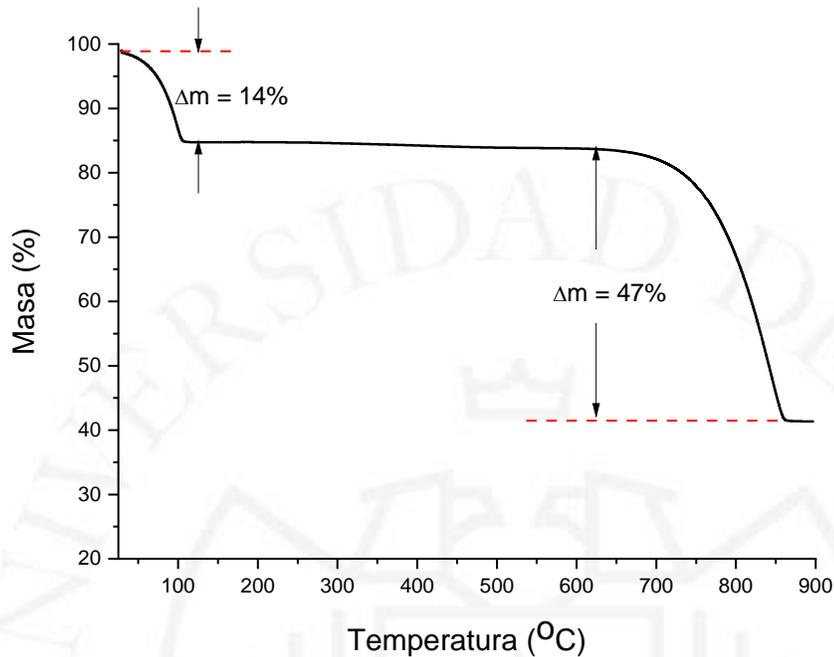
En la figura 4.7 se observa el análisis termogravimétrico del polvo de conchas de abanico, esta muestra que a los 100 °C ocurre una pérdida de masa producto de la evaporación de agua de 14%. Mantiene una gran estabilidad térmica hasta aproximadamente 700 °C. Entre 700 °C y 800 °C se observa una pérdida de masa de 47%. Esto se debe a la disociación del CaCO<sub>3</sub> que ocurre en aire. La reacción de descomposición del CaCO<sub>3</sub> es la siguiente,



En el rango de temperaturas que se usarán los pellets, no se espera variaciones estructurales ni químicas por efecto de la temperatura. Por otro lado, la adsorción de agua a temperatura ambiente, es una propiedad que favorece la preparación del pellet, porque facilita la mezcla con la quitina antes de la compactación en la prensa.

**Figura 4.7**

*Análisis Termogravimétrico (TGA) para la concha de abanico*



#### **4.2.5. Resultados de la prueba de determinación de pureza de quitina**

Se comparó el porcentaje de pureza de la quitina obtenida en el laboratorio y la quitina comercial de Sigma Aldrich (Quitina grado práctico- Código: C7170). Los resultados fueron los siguientes:

Porcentaje de quitina experimental: 51,674%

Porcentaje de quitina comercial: 58,884%

Estos resultados nos muestran que el método de extracción de la quitina mediante el método biológico proporciona un gran rendimiento.

#### **4.2.6. Resultados de las pruebas de abrasión**

Las pruebas de abrasión se realizaron mediante el uso de un tambor, donde se colocaron 25 pellets que contenían 30% de quitina y 70% de polvo de conchas de abanico y se sometieron a 3 000 revoluciones a una velocidad de 35 rpm. Los resultados obtenidos mostraron un

índice de abrasión (AI) del 0,5355; lo cual es considerado como un valor pequeño para la abrasión de los pellets.

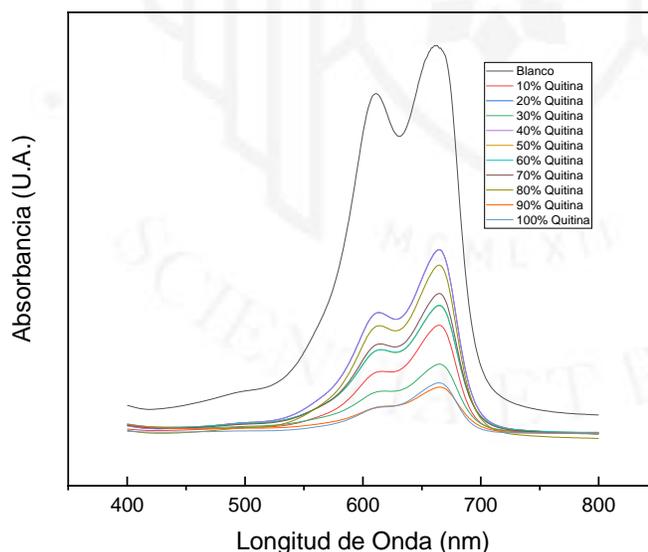
### 4.3. Resultados sobre la remoción de arsénico en agua

#### 4.3.1. Estudio de la adsorción de azul de metileno utilizando pellets con diferente contenido de quitina y conchas de abanico

Los espectros mostrados en la Figura 4.8, presentan la adsorción del colorante utilizando diferentes tipos de pellets. En esta figura se puede observar la presencia de dos picos de mayor intensidad, los cuales son representativos de la adsorción del azul de metileno. La mayor adsorción indica que hay presencia de colorante y la menor intensidad en los picos representa un menor contenido de colorante en la solución debido a la adsorción de este por parte de los pellets.

#### Figura 4.8

*Espectros de adsorción UV-visible de los pellets expuestos a una solución de azul de metileno (30 ppm)*



Haciendo uso de los espectros obtenidos mediante el espectrofotómetro UV-visible (Fig. 4.9), se pudo calcular el porcentaje de adsorción del azul de metileno para cada uno de

los pellets, utilizando para ello el área bajo las curvas. Los resultados obtenidos (Tabla 4.2) muestran que los pellets con un 90% de quitina fueron los que adsorbieron mayor cantidad de colorante, seguidos de los pellets con contenido de 100% de quitina y luego los que contenían un 30% de quitina. Teniendo en cuenta los costos que implican la obtención de quitina, los más económicamente viables serían los que contienen el 30% de quitina.

**Tabla 4.2**

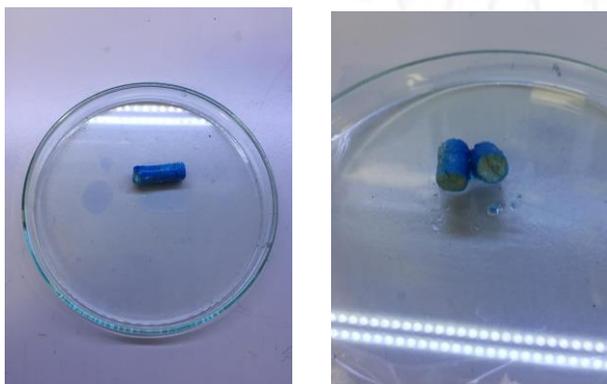
*Porcentaje de adsorción de azul de metileno*

<b>% Quitina en pellets</b>	<b>% Remoción del azul de metileno</b>
0	0,00
10	78,36
20	61,71
30	86,44
40	59,60
50	72,51
60	72,48
70	70,59
80	62,34
90	92,41
100	90,61

Cabe resaltar que, al terminar el proceso de adsorción, se observó que los pellets no se habían desintegrado, tal como se puede observar en la Figura 4.9, lo cual indica que podrían utilizarse en un proceso de remoción de contaminantes acuosos. Además, la capacidad de estos pellets sólo ha llegado a adsorber el colorante en la capa exterior, tal como se observa en la foto, por lo que sí está expuesto por tiempos más prolongados, podría incrementar su capacidad de adsorción.

**Figura 4.9**

*Pellets de quitina: concha de abanico (30:70) después del proceso de adsorción*



#### 4.3.2. Estudio de la remoción de arsénico en agua utilizando pellets con diferente contenido de quitina

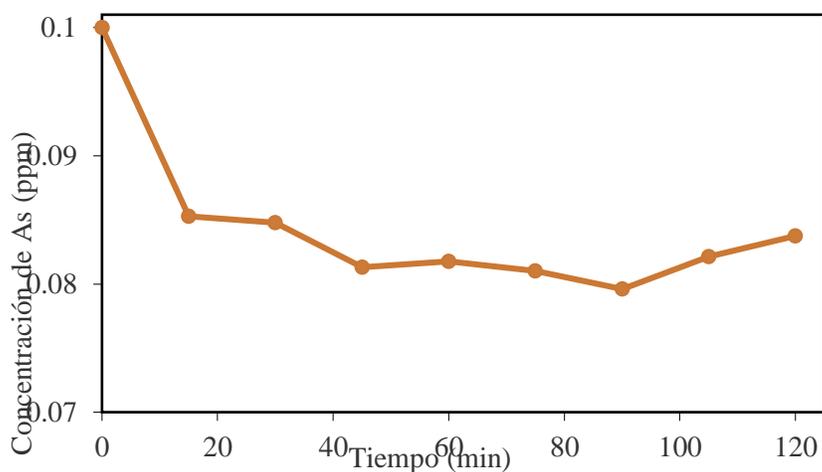
Mediante esta técnica se logró determinar la capacidad de remoción de arsénico en agua contaminada artificialmente con 0,1 ppm de arsénico. Dado los resultados obtenidos previamente en la adsorción del azul de metileno para los diferentes pellets, estas medidas de adsorción de arsénico se realizaron con los pellets con un contenido de 30% de quitina.

El procedimiento se llevó a cabo en un agitador múltiple por espacio de hasta 120 minutos con el fin de evaluar la resistencia de los pellets a la agitación, se observó que estos se mantenían al cabo de este tiempo.

Los resultados obtenidos para la remoción de arsénico (Fig. 4.10) para estos pellets mostraron una capacidad del 21%, la cual se mantuvo hasta los 90 minutos. Las variables durante la adsorción fueron: temperatura ambiente de 20°C, pH 7, 120 minutos de contacto, se utilizó un pellet y se usó 20 ml de solución contaminada.

**Figura 4.10**

*Adsorción de arsénico*



## CAPÍTULO V: TECNOLOGÍAS EXISTENTES Y PROCESO DE PRODUCCIÓN

En el presente capítulo se describirá las tecnologías existentes para la producción de pellets a base de quitina y conchas de abanico. Así mismo se describen los diagramas de operaciones y procesos, el diagrama de balance de materia, el diagrama de Sankey, un diagrama de flujo, se detallará las características de las instalaciones y equipos y por último se verán los aspectos de calidad relacionados al proyecto.

### 5.1. Naturaleza de la tecnología requerida

#### Descripción de las tecnologías existentes

##### a) Para la producción de quitina

**Tabla 5.1**

*Tecnología existente para la producción de quitina*

Operación	Tecnología existente	Tipo	Opción seleccionada
<b>Recepción e Inspección</b>	Revisión físico-química	Manual	Revisión físico-química
<b>Pesado</b>	Balanza Industrial	Industrial	Balanza Industrial
<b>Triturado</b>	Licuada Industrial	Industrial	Licuada Industrial
	Tanque de mezcla	Industrial	
<b>Desproteínizado</b>	Reactor cerrado con agitador	Industrial	Reactor cerrado con agitador y chaqueta
	Filtro prensa		
<b>Lavado</b>	Tina de lavado	Industrial	Filtro prensa
	Tanque de mezcla	Industrial	
<b>Desmineralizado</b>	Reactor cerrado con agitador	Industrial	Reactor cerrado con agitador y chaqueta
	Filtro prensa		
<b>Lavado</b>	Tina de lavado	Industrial	Filtro prensa
<b>Secado</b>	Estufa	Industrial	Estufa

##### b) Para la producción de polvo de conchas de abanico

**Tabla 5.2***Tecnología existente para la producción de polvo de concha de abanico*

<b>Operación</b>	<b>Tecnología existente</b>	<b>Tipo</b>	<b>Opción seleccionada</b>
<b>Recepción e Inspección</b>	Revisión físico-química	Manual	Revisión físico-química
<b>Pesado</b>	Balanza Industrial	Industrial	Balanza Industrial
<b>Lavado con agua</b>	Lavadora Industrial Tina de lavado	Industrial	Lavadora Industrial
<b>Lavado con HCl</b>	Lavadora Industrial Tina de lavado	Manual	Tina de lavado
<b>Lavado con agua destilada</b>	Lavadora Industrial Tina de lavado	Industrial	Lavadora Industrial
<b>Secado</b>	Estufa	Industrial	Estufa
<b>Triturado</b>	Prensa hidráulica Trituradora de Mandíbulas	Industrial	Trituradora de Mandíbulas
<b>Tamizado</b>	Tamizadora circular	Industrial	Tamizadora circular
<b>Molido (I)</b>	Molino de discos	Industrial	Molino de discos
<b>Molido (II)</b>	Pulverizadora de anillos vibratorio	Industrial	Pulverizadora de anillos vibratorio
<b>Molido (III)</b>	Molino de bolas	Industrial	Molino de bolas
<b>Tamizado</b>	Tamizadora circular	Industrial	Tamizadora circular
<b>Secado</b>	Estufa	Industrial	Estufa

**c) Para la preparación de goma de tara**

**Tabla 5.3**

*Tecnología existente para la producción de goma de tara*

Operación	Tecnología existente	Tipo	Opción seleccionada
<b>Recepción e Inspección</b>	Revisión físico - química	Manual	Revisión físico-química
<b>Pesado</b>	Balanza Industrial	Industrial	Balanza Industrial
<b>Diluido y agitado</b>	Tanque de Mezcla Reactor cerrado con agitador	Industrial Industrial	Reactor cerrado con agitador

**d) Para la elaboración de los pellets**

**Tabla 5.4**

*Tecnología existente para la producción de pellets*

Operación	Tecnología existente	Tipo	Opción seleccionada
<b>Pesado</b>	Balanza Industrial	Industrial	Balanza Industrial
<b>Molido</b>	Molino de bolas	Industrial	Molino de bolas
<b>Mezclado</b>	Mezcladora de polvo	Industrial	Mezcladora de polvo
<b>Peletizado</b>	Peletizadora	Industrial	Peletizadora
<b>Secado</b>	Estufa	Industrial	Estufa
<b>Dosificado y empacado</b>	Dosificador	Automático	Dosificadora y empaquetadora
<b>Etiquetado</b>	Etiquetadora	Industrial	Etiquetadora

**5.2. Proceso de producción**

**Descripción del proceso**

Proceso de producción de quitina:

- a) **Recepción e Inspección:** Se debe velar porque los langostinos estén frescos y mantenidos en condiciones de baja temperatura para que los procesos posteriores de desproteinización y desmineralización se desarrollen óptimamente. Así mismo los reactivos deben estar herméticamente sellados. El agua a emplear también debe cumplir con los estándares de agua Tipo II o agua desionizada tener un valor menor a 1  $\mu\text{S}/\text{cm}$  como conductividad eléctrica.

- b) Pesado: Es necesario ser precisos al medir las cantidades de los langostinos y reactivos que se utilizarán, para esto se necesitará de una balanza industrial.
- c) Triturado: Consiste en llevar a tamaño más pequeño las cabezas de langostinos.
- d) Desproteínizado: Lo anteriormente triturado pasa a un reactor principal, donde bajo condiciones de temperatura (50°C), pH 9 y presión atmosférica se le agrega la enzima Alcalasa para que se realice la operación de cortar los enlaces peptídicos de las cadenas de aminoácidos y así se obtenga la proteína soluble. Debido a que la enzima trabaja a estas condiciones, es necesario controlarlas, lo cual se realiza mediante el uso de un reactor enchaquetado que además permita el ingreso de sustancias que regulen el pH. Luego de agregar la enzima, esta debe reaccionar por espacio de 3 horas para que la enzima realice la hidrólisis de las proteínas.
- e) Lavado: Se retira la quitina hidrolizada y pasa por el filtro prensa para ser lavada con abundante agua y retirar el excedente de NaOH.
- f) Desmineralizado: En esta etapa se removerán todos los carbonatos con ácido acético. Se utilizará 1,2 M de CH<sub>3</sub>COOH por 35 minutos a 32 °C, 3 ml de Ácido Acético por cada 1 g de langostinos desproteínizados.
- g) Lavado: Se retira la quitina desmineralizada y pasa por el filtro prensa para ser lavada con abundante agua y retirar el excedente de CH<sub>3</sub>COOH.
- h) Secado: El producto obtenido se coloca en una estufa a una temperatura de 60°C por un periodo de tiempo de 16 horas.

Proceso de producción de polvo de conchas de abanico:

- a) Recepción e Inspección: Se debe tener en cuenta que las valvas deben entrar al proceso de producción sin restos de partes comestibles.
- b) Pesado: En una balanza industrial se pesan las conchas de abanico para obtener luego el rendimiento del proceso.
- c) Lavado con agua: Se lava con agua para remover las impurezas superficiales, con abundante agua.
- d) Lavado con HCl: Se deja remojando en una tina con HCl 0,1 M por 5 horas.
- e) Lavar con agua destilada: Se lava con abundante agua destilada para retirar el excedente de HCl.

- f) Secado: Se coloca las conchas en la estufa por 24 horas a 110 °C.
- g) Prensa: Se someten a la presión de una prensa hidráulica las conchas de abanico, a una presión de 20-25 toneladas por cada 1 kilogramo.
- h) Tamizado: Las conchas de abanico prensadas son tamizadas en un tamiz de número de malla 2,36 mm. Lo tamizado pasa al siguiente proceso, lo no tamizado vuelve a ser prensado.
- i) Molido I: En un molino de discos se colocan las conchas de abanico y se somete 3 veces a la molienda.
- j) Molido II: En una pulverizadora de anillos vibratorio se llenan los orificios de los anillos con el producto salido del molino de discos y se espera de 3 a 5 minutos para que realice el proceso de pulverizar.
- k) Molido II: En un molino de bolas hacer la molienda con agua por un periodo de 40 minutos.
- l) Tamizado: Se utiliza un tamiz de 45  $\mu\text{m}$  donde lo tamizado es el polvo de conchas de abanico que se necesita para la producción de pellets.
- m) Secado: Se lleva lo tamizado a la estufa donde se seca a 60°C en una estufa por 16 horas.

Proceso de disolución de goma de tara:

- a) Pesado: Se pesa 500 mg de goma de tara.
- b) Diluido y agitación: La goma de tara se diluye en 40 ml de agua desionizada a 500 rpm por 3 horas, tiempo aproximado para su maduración. Cabe resaltar que esta disolución debe empezar horas antes del inicio del proceso de preparación de los pellets.

Proceso de producción de pellets:

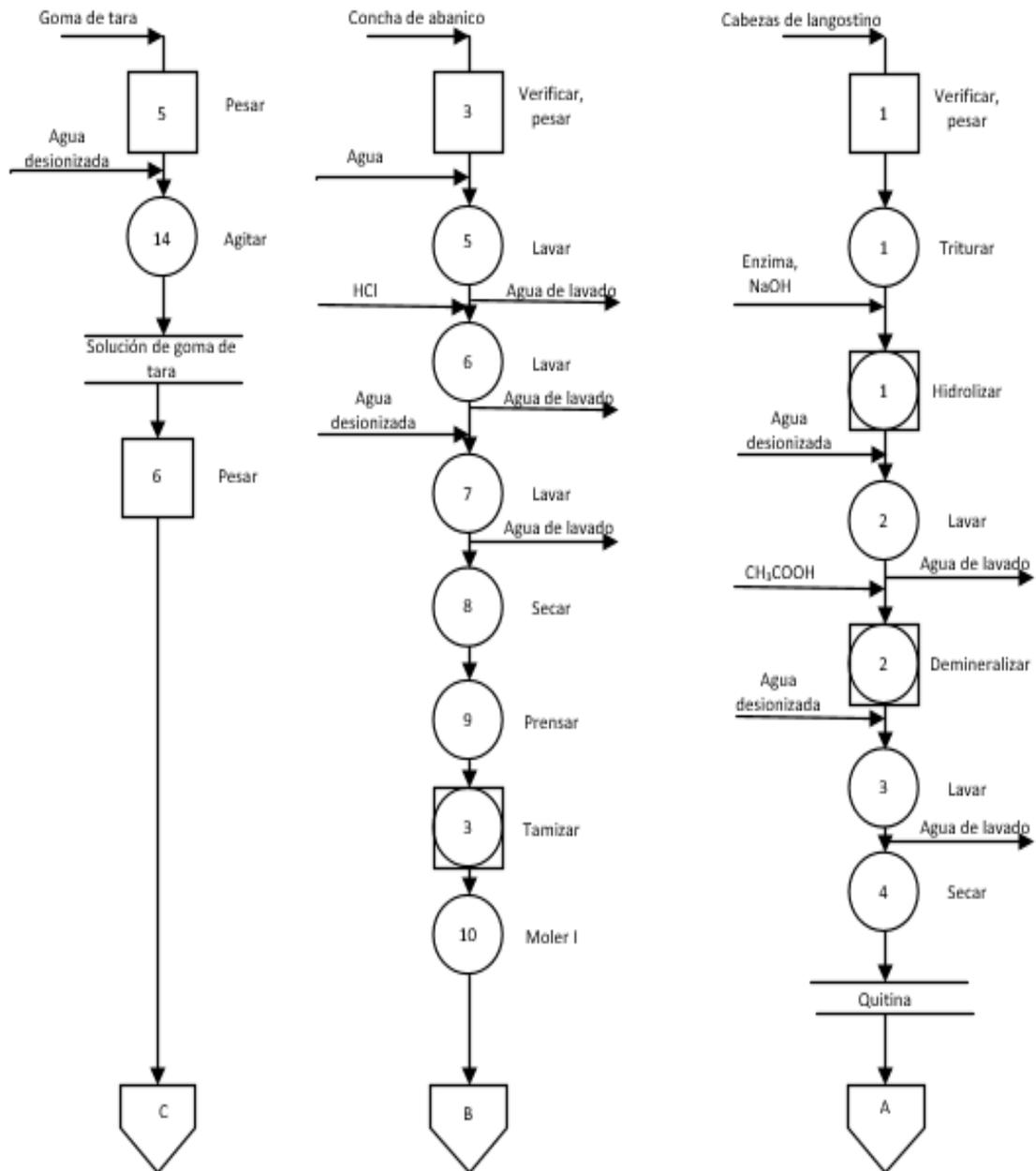
- c) Pesado: La proporción óptima para la preparación de pellets es aproximadamente 3:1 polvo: goma de tara para obtener 4 pellets.
- d) Molido: Se muelen en un molino de bolas la quitina con el polvo de conchas de abanico, sin considerar la goma de tara; esto para que el carbonato del polvo de conchas ayude a reducir la superficie de contacto de la quitina.
- e) Mezclado: Se lleva a una mezcladora de polvos la molienda anterior para que se unan mediante la goma de tara y se logre una mezcla homogénea para peletizar.

- f) Peletizado: Posteriormente, la mezcla pasa al peletizador donde se obtienen pellets homogéneos.
- g) Secado: Se secan los pellets a 60°C en una estufa por 16 horas.



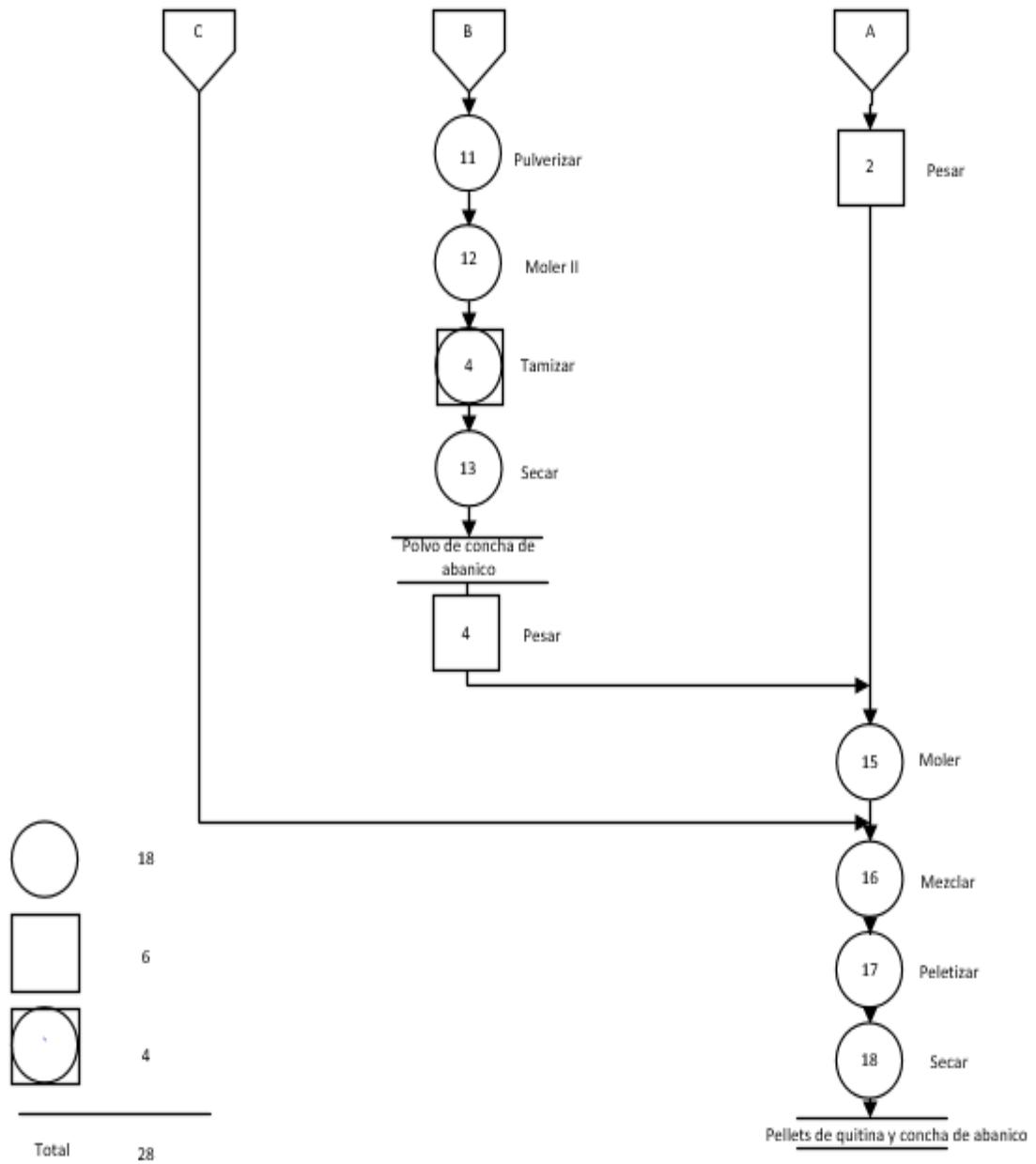
### 5.2.1. DOP

Diagrama de operaciones del proceso de elaboración de pellets de quitina y concha de abanico de abanico

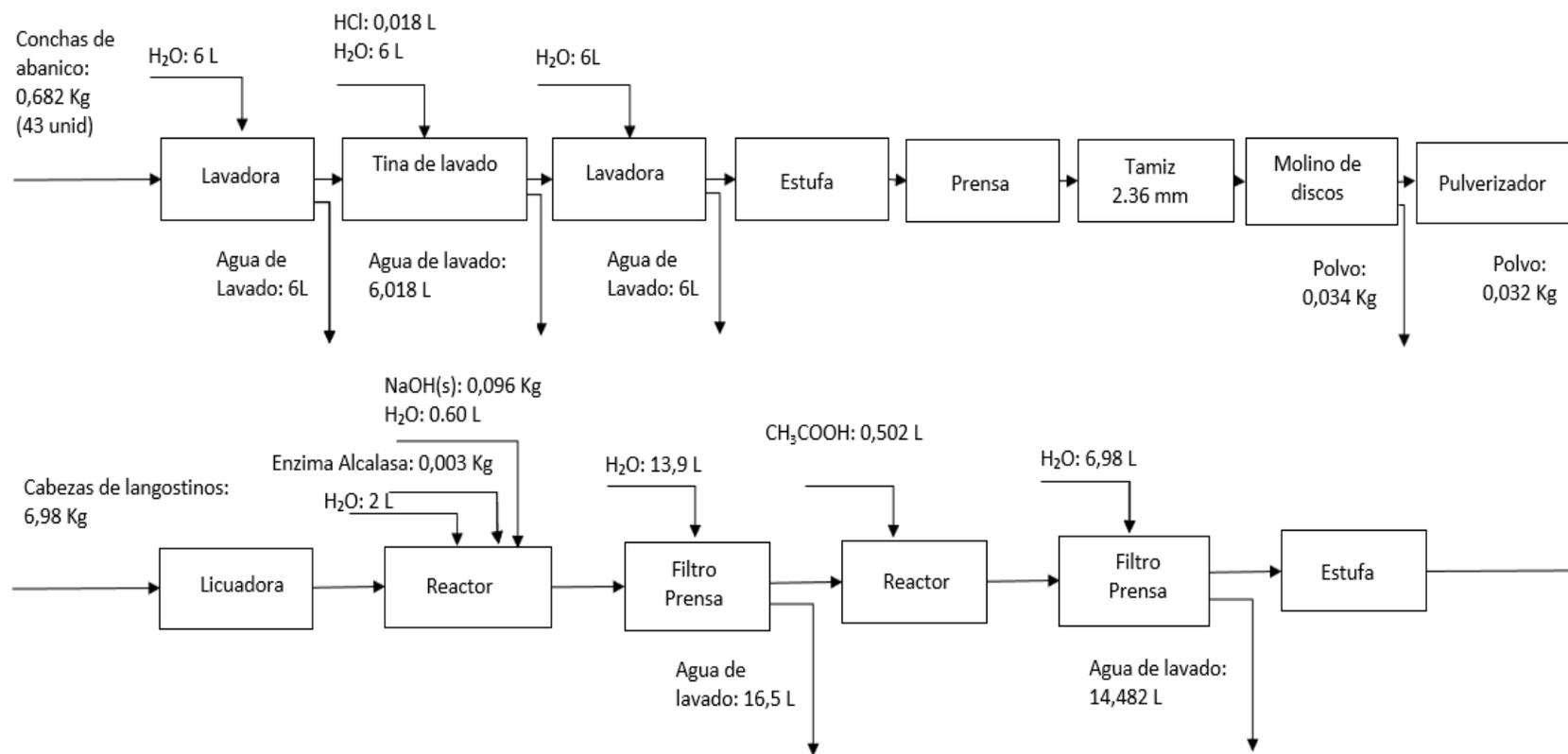


(Continúa)

(Continuación)

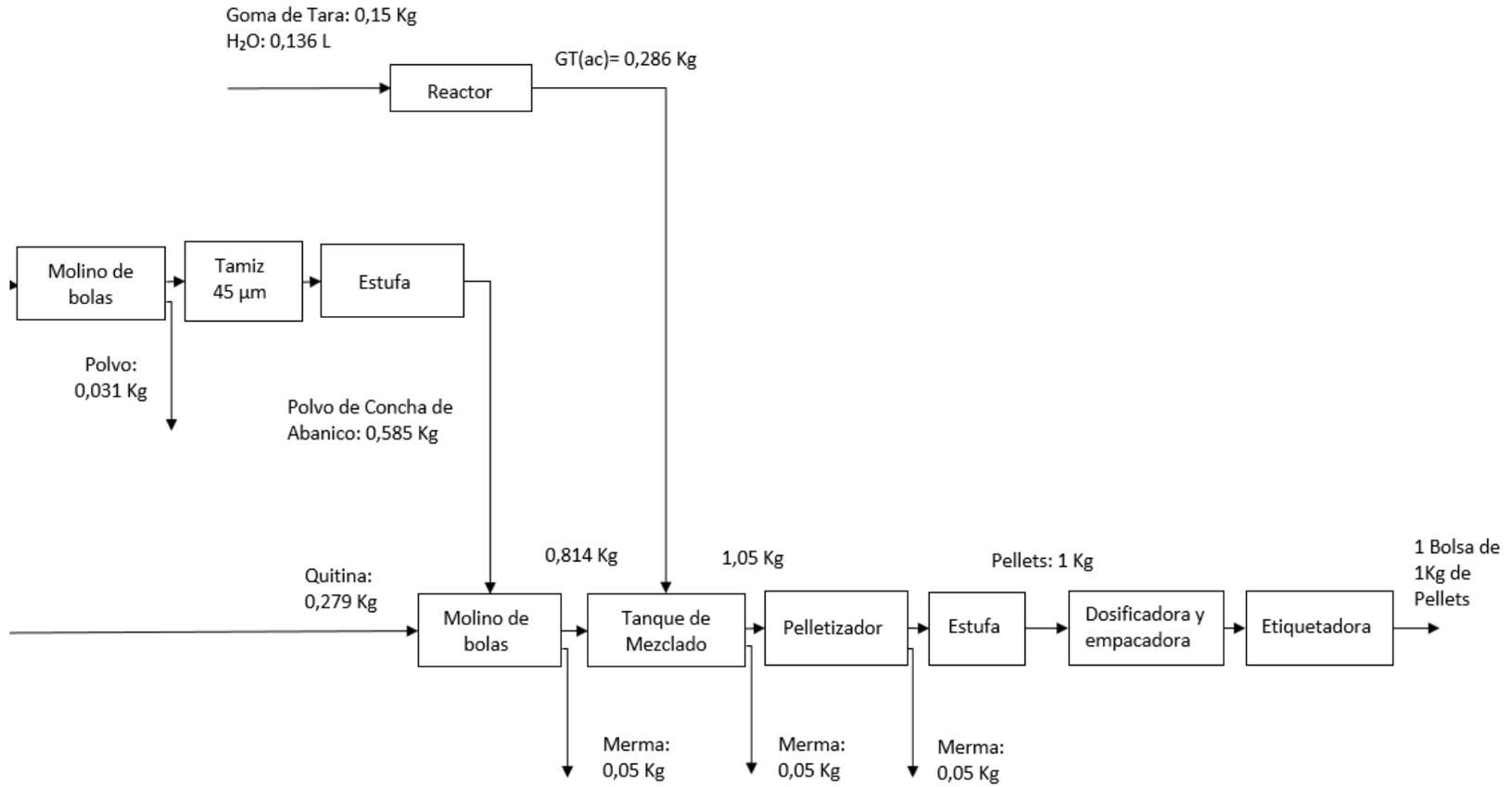


### 5.2.2. Diagrama de balance de materia

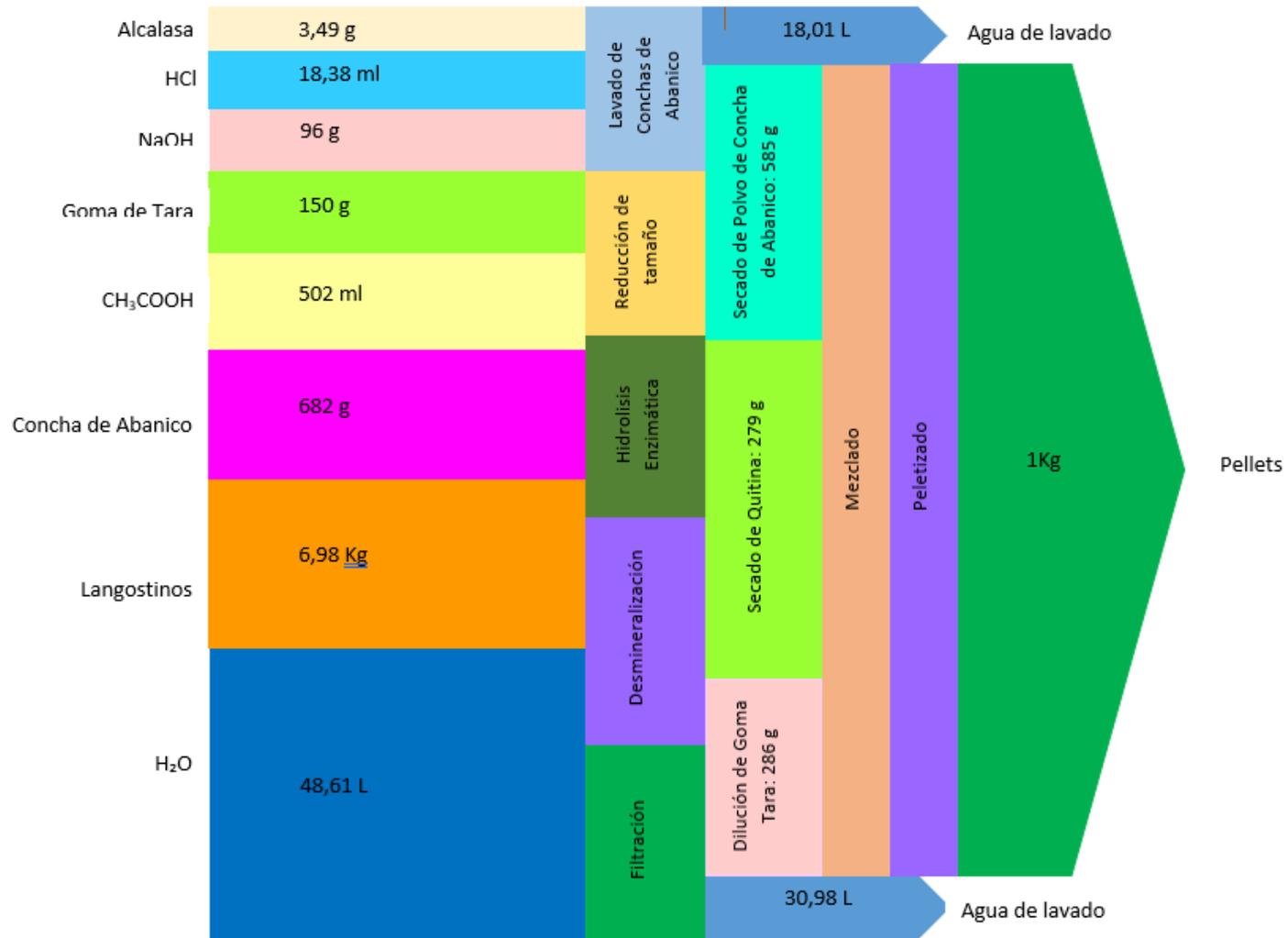


(Continúa)

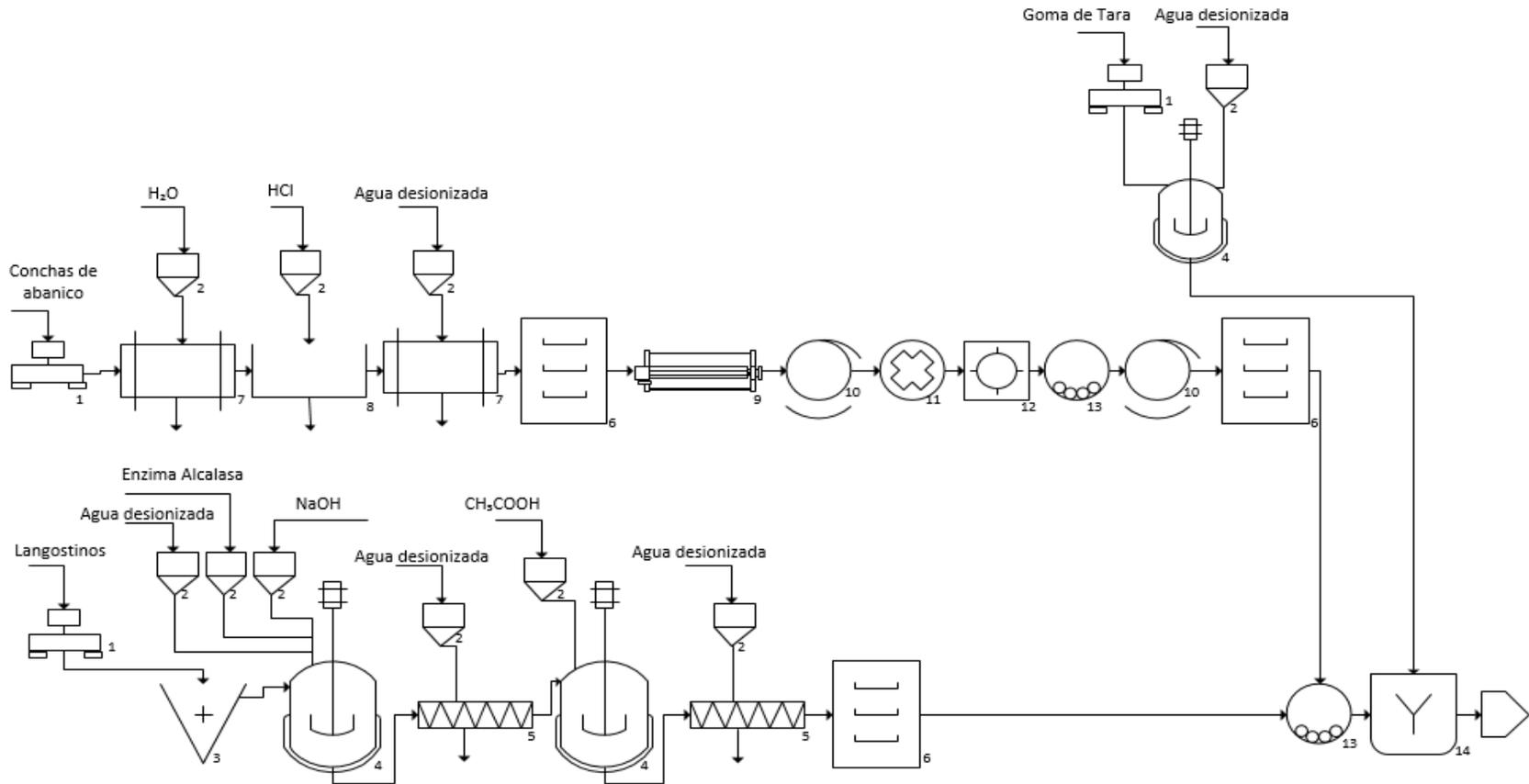
(Continuación)



### 5.2.3. Diagrama de Sankey



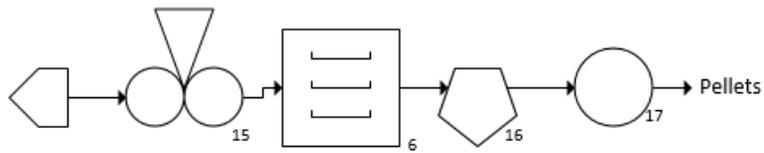
### 5.2.4. Diagrama de flujo detallado



(Continúa)

(Continuación)

- |                                    |   |
|------------------------------------|---|
| 1. Balanza                         | 10. Tamiz vibratorio                    |
| 2. Dosificador                     | 11. Molino de discos                    |
| 3. Licuadora Industrial            | 12. Pulverizadora de anillos vibratorio |
| 4. Reactor con chaqueta y agitador | 13. Molino de bolas                     |
| 5. Filtro prensa                   | 14. Mezcladora de polvo                 |
| 6. Estufa de convección forzada    | 15. Peletizadora                        |
| 7. Lavadora Industrial             | 16. Dosificadora y empacadora           |
| 8. Tina de lavado                  | 17. Etiquetadora                        |
| 9. Prensa                          |   |



### 5.3. Características de las instalaciones y equipos

Para asegurar la eficiencia y productividad del proceso, se han elegido los siguientes equipos:

- Respecto a la operación de pesado, se realizará mediante una balanza electrónica de tipo industrial.
- En la operación de triturado de los langostinos se empleará una licuadora industrial de acero inoxidable.
- Para el proceso de hidrólisis y desmineralizado de los langostinos se usará un reactor con chaqueta y agitador, éste debe tener la capacidad igual o superior a la relación presentada en el balance de materia para lograr una producción continua.
- Para el proceso de elaboración de la goma de tara se empleará el mismo reactor, pero sin la necesidad de hacer uso de la chaqueta de calentamiento, puesto que este proceso no necesita de temperatura.
- Para el lavado después de los procesos de hidrolisis y desmineralizado se utilizará un filtro prensa.
- Para el lavado de las conchas de abanico con HCl se utilizará un lavadero de losa vitrificada, no se considera ni de acero inoxidable ni de aluminio porque se corroen con el ácido clorhídrico.
- Para reducir de tamaño las conchas de abanico se utilizará primero una trituradora de mandíbula, y luego un molino de discos.
- Para tamizar el polvo de conchas de abanico menor a 2,36 mm y a 45  $\mu\text{m}$  será necesario tamices con ese número de mallas.
- Luego del molino de discos para el polvo de conchas de abanico, se utilizará una pulverizadora de anillos vibratorio.
- Para reducir aún más el tamaño se utilizará un molino de bolas, se podrá utilizar las bolas de ágata o de alúmina, no se aconseja utilizar bolas de acero porque pueden contaminar la producción.
- Para el secado se utilizará una estufa.
- Para el mezclado de la solución de goma de tara, polvo de concha de abanico y quitina se utilizará un tanque de mezclado.

- Para la elaboración de pellets se utilizará una maquina peletizadora que sacará pellets de forma continua.

**Tabla 5.5**

*Balanza Industrial*

Descripción	Imagen
Marca: Henkel Modelo: BPCR600- 1 BIG Capacidad: 600 Kg Precisión: 100 gr. Energía: 220 V Frecuencia: 50/ 60 Hz Consumo: 0,88 Kw/h Plataforma: 52 x 62 cm	

Nota. De *Balanza BPCR600*, por Cary Perú, 2020 (<https://www.caryperu.com/henkel>)

**Tabla 5.6**

*Licuada Industrial*

Descripción	Imagen
Marca: Kretor Capacidad: 25 L Potencia: 1 1/2 HP Consumo: 1,12 Kw/h Energía: 220 V Frecuencia: 60 Hz RPM del disco: 3 500 rpm Estructura: Lamina en acero inoxidable	

Nota. De *Licuada industrial 25 litros*, por Brimaliindustrial, 2020

(<https://www.brimaliindustrial.com.pe/producto/licuada-industrial-25-litros-volcable-tc25>)

**Tabla 5.7***Reactor con chaqueta y agitador*

Descripción	Imagen
<p>Marca: Toption Dimensión: 2 800*1 050*2 150mm Capacidad: 200 litros Potencia: 200 W Energía: 220 V Frecuencia: 50 Hz RPM del agitador: 60 – 1000 rpm</p>	

Nota. De *Glass reactor*, por Toption, 2020 (<https://www.toption-china.com/products/glass-reactor>)

**Tabla 5.8***Filtro prensa*

Descripción	Imagen
<p>Marca: Draco Peso: 700 Kg. Dimensión: 1 865*900*850mm Tamaño de la placa: 450 mm Cámara de filtro: 50 litros Consumo: 2,2 Kw/h Espesor de la torta: 30 mm Cantidad de cámara filtro: 9 unids</p>	

Nota. De *Filtro prensa*, por Ecopreneur, 2020 (<https://www.ecopreneur.pe/wp-content/uploads/2017/09/Filtro-Prensa-Toro.pdf>)

**Tabla 5.9**

*Lavadora Industrial*

Descripción	Imagen
<p>Marca: Longer Machinery Modelo: LG-800 Shell Cleaning Machine Consumo: 1,1 Kw/h Energía: 380 V Dimensión: 1 600*730*840 mm Peso: 220 Kg Capacidad de procesamiento: 800 Kg/h Material: Acero Inoxidable 304</p>	 A stainless steel industrial shell cleaning machine with a large hopper on top and a rotating drum inside. It has a sturdy metal frame and a hand crank on the side.

Nota. De LG-800 Shell Cleaning Machine, por Longerinc manufacturer, 2020

([https://longerinc.manufacturer.globalsources.com/si/6008848216910/Homepage.htm?keywords=&matchtype=b&device=c&WT.mc\\_id=1001035&WT.srch=1&gclid=CjwKCAjw2uf2BRBpEiwA31VZj8dMTUKGEGT5k9BZRIDdIIAfbJBEXOKHseRBI4u760naJd9dcL\\_KhoC710QAvD\\_BwE](https://longerinc.manufacturer.globalsources.com/si/6008848216910/Homepage.htm?keywords=&matchtype=b&device=c&WT.mc_id=1001035&WT.srch=1&gclid=CjwKCAjw2uf2BRBpEiwA31VZj8dMTUKGEGT5k9BZRIDdIIAfbJBEXOKHseRBI4u760naJd9dcL_KhoC710QAvD_BwE))

**Tabla 5.10**

*Tina de lavado*

Descripción	Imagen
<p>Capacidad: 110 L Dimensiones del interior: 750*374*395 mm Peso: 17,5 Kg</p>	 A blue plastic rectangular tub with a slightly raised rim and a small handle on the side. It has a textured bottom and is designed for industrial or commercial use.

Nota. De Tina de lavado, por Reyplast, 2019 (<https://www.reyplast.pe/productos>)

**Tabla 5.11**

*Trituradora de mandíbula*

Descripción	Imagen
<p>Marca: Retsch Modelo: BB 250 Peso: 350 Kg. Dimensión: 695*1399*719mm Recipiente colector: 10 L Consumo: 3 Kw/h Granulometría inicial: &lt;120 mm Granulometría final: &lt;2 mm</p>	

Nota. De Trituradora de mandíbula bb 250 retsch, por Cimatec, 2020

(<http://website.cimatec.pe/producto/trituradora-de-mandibulas-bb-250-retschi>)

**Tabla 5.12**

*Molino de discos*

Descripción	Imagen
<p>Marca: Maqorito Capacidad de procesamiento: de 10 a 30 Kg/h Dimensión: 500*280*320mm Peso: 38 Kg Consumo: 1,8 Kw/h Velocidad: 1 420 rpm</p>	

Nota. De Molinos, por Maqorito, 2020 (<https://maqorito.com/109-molinos>)

**Tabla 5.13***Tamiz vibratorio*

Descripción	Imagen
Marca: Baisheng Dimensión de una capa: 800*800*680 mm Numero de capas: 2 Consumo: 0,55 Kw/h Energía: 220 V Frecuencia: 50-60 Hz	

Nota. De Baisheng industrial hot vibrating, por Xinxiang Baisheng Machiney Co., Ltd, 2020 ([https://conveyingcn.en.ecplaza.net/products/baisheng-2016-industrial-xxnx-hot-vibrating\\_4076601](https://conveyingcn.en.ecplaza.net/products/baisheng-2016-industrial-xxnx-hot-vibrating_4076601))

**Tabla 5.14***Pulverizadora de anillos vibratorio*

Descripción	Imagen
Modelo: Pulverisette 9 Capacidad máxima: 250 ml Tamaño máximo en la alimentación: 12 mm Tamaño final: 0-20 $\mu$ m Dimensiones (L*P*H): 77*76*116 cm Peso: 267 Kg. Velocidad máxima: 1 500 pm Consumo: 1,1 Kw/h Energía: 230-240 V Frecuencia: 50 – 60 Hz	

Nota. De Pulverisette 9, por Fritsh-international, 2020 (<https://www.fritsch-international.com/sample-preparation/milling/disk-mills/details/product/pulverisette-9/>)

**Tabla 5.15**

*Molino de bolas*

Descripción	Imagen
<p>Modelo: YXQM 40L Capacidad: 40 L Velocidad de rotación: 10-440 rpm Volumen interior de cada jarra: 10 L Número de jarras: 4 Potencia de motor: 3,5 Kw Energía: 380 V Frecuencia: 50 Hz</p>	

Nota. De Planetary ball mill, por Samyacs, 2020

([http://www.samyacs.com/Planetary\\_ball\\_mill\\_and\\_glove\\_box/Planetary\\_ball\\_mill/](http://www.samyacs.com/Planetary_ball_mill_and_glove_box/Planetary_ball_mill/))

**Tabla 5.16**

*Estufa de convección forzada*

Descripción	Imagen
<p>Marca: Binder Modelo: BF 260 Rango de temperatura 7°C por encima de la temperatura ambiente hasta 100 °C Volumen interior: 257 L Carga total máxima: 270 Kg Dimensiones: 780*650*510 mm Controlador con pantalla LCD Consumo: 2,3 Kw/h Energía: 230 V Frecuencia: 50-60 Hz</p>	

Nota. De Estufas de convección forzada binder, por Kossodo, 2020

(<http://www.kossodo.com/productos/estufas-de-conveccion-forzada-binder/181/>)

**Tabla 5.17**

*Mezcladora de polvo*

Descripción	Imagen
<p>Marca: HuadaCN Modelo: SH-100 Mezcladora de Polvo Volumen Mezclado: 80 L Max. Peso cargado: 50 Kg Velocidad de rotación: 0-15 rpm Consumo: 1,5 Kw/h Dimensión (L*W*H): 1 200*1 700*1 500mm</p>	

Nota. De Mezcladora de polvo, por Huada CN, 2020 (<https://es.pharma-equipment.com/sh-series-mezcladora-de-polvo>)

**Tabla 5.18**

*Pelletizadora*

Descripción	Imagen
<p>Marca: Chengda Modelo: KL 120 B Dimensiones: 75*32*61 cm Salida: 75-100 Kg/h Consumo: 2,2 Kw/h Energía: 220 V Frecuencia: 50 Hz</p>	

Nota. De Pelletizadora, por Chengda, 2020 (<http://www.chengdamachine.com/en>)

**Tabla 5.19**

*Dosificadora y empacadora*

Descripción	Imagen
<p>Marca: Chinapak Modelo: SP-AK300 Eficiencia de producción: 30-60 bolsas/minuto Volumen máximo de bolsa: 200-1 000g Dimensiones: 900*1 120*2 360 Potencia: 1,65 Kw Energía: 220 V Frecuencia: 60 Hz</p>	

Nota. De Embolsadora de granos, por Chinapak., 2020 (<https://www.chinapak.es/embolsadora-de-granos-arroz-azucar-maiz-sp-ak300>)

**Tabla 5.20**

*Etiquetadora*

Descripción	Imagen
<p>Marca: Cadec Modelo: AP 160 Producción: 9 000 etiquetas /hora Envases: planos Dimensiones: 3 000*1 600*1 500 mm Energía: 220 V</p>	

Nota. De Etiquetadora automática, por Cadec, 2020 (<https://www.cadec.com.ar/ap-160-etiquetadora-automatica>)

**5.4 Aspectos de calidad**

La calidad de cada uno de los componentes de los pellets (quitina, polvo de concha de abanico y goma de tara) es un aspecto muy importante para la remoción del arsénico, ya que de esta dependerá la eficiencia del producto. Es por ello que durante el proceso de producción

de lo pellets es necesario establecer puntos de control de calidad rigurosos, desde el ingreso de la materia prima hasta el buen estado de los equipos para obtener el mejor rendimiento.

a) Control de calidad de materia prima

La materia prima debe conservarse en condiciones que no alteren su composición química. Para el ácido acético, hidróxido de sodio, ácido clorhídrico y la goma de tara, estos deben permanecer en lugares secos, cerrados y a temperatura ambiente de aprox. 25°C. Para el caso de la enzima se debe mantener en refrigeración a una temperatura entre 2 °C y 8°C.

b) Control de calidad durante el proceso de producción

Conchas de abanico:

Pesar: Se debe pesar la cantidad exacta de valvas para obtener el polvo requerido para la producción de pellets programada. Se recomienda calibrar la balanza cada cierto tiempo cumpliendo con el programa de mantenimiento.

Lavar con agua: En el primer lavado es muy importante la completa remoción de las algas y arena que viene adherida a las valvas, no puede entrar al proceso productivo este tipo de materia orgánica debido a que contaminaría la producción.

Lavar con HCl: En esta etapa es importante suministrar la dosis exacta de ácido clorhídrico concentrado, si se sobrepasa la molaridad requerida puede ocurrir la desintegración de las valvas y si se dosifica por debajo de lo requerido no se cumplirá con el propósito de remover la materia orgánica remanente. Así mismo es importante controlar el tiempo de remojo de las valvas en la solución.

Lavar con agua desionizada: Se debe lavar con abundante agua desionizada hasta quitar todo remanente de ácido en las valvas.

Triturar (prensa): En esta etapa se debe realizar un control de calidad al tamaño de partícula que sale de la trituración, esta debe tener un tamaño menor a 2,36 mm.

Moler (molino de discos): En esta etapa es necesario cumplir con el número de repeticiones indicado.

Moler (molino de bolas): En esa etapa es importante cumplir con lo señalado en el manual de uso del equipo que indica que una tercera parte debe llenarse con el material y las

bolas, una tercera parte con agua y la otra tercera parte debe dejarse vacía para el libre movimiento dentro del molino. Por otra parte, luego de esta última molienda se debe realizar un control de calidad al tamaño de partícula, esta debe tener un tamaño menor a 45  $\mu\text{m}$ .

Quitina:

Hidrolisis: En el proceso de hidrólisis se debe tener en cuenta el pH y la temperatura, los cuales deben estar ajustados y controlados durante el proceso, en 9 y 50°C, respectivamente con el fin de que la enzima pueda trabajar óptimamente. También es importante antes de realizar la hidrolisis, medir periódicamente la actividad enzimática de la enzima; en el Anexo 1 se presenta el protocolo a seguir para hacer esta medición.

Desmineralización: En esta etapa del proceso es importante controlar la concentración del ácido acético en 1,2 M, como la temperatura de proceso en 32°C y el tiempo de contacto a 35 minutos.

Secado: Se debe fijar la temperatura de la estufa en 60°C y controlar el tiempo a 16 horas.

Pellets:

Goma de tara: La solución de goma de Tara debe llegar a una viscosidad específica de 500 cP (Cevallos Barturen , Nimia Medalit; Medina Ormachea, 2018).

Preparación de pellets: Es importante que en la etapa de mezclado de quitina -polvo de la concha de abanico- goma de tara, estos formen una mezcla homogénea para que en cada pellet se encuentre la misma cantidad de cada componente y no haya diferencias luego en la etapa de adsorción. Verificar la homogeneidad de la mezcla.

c) Punto de verificación de calidad

Conchas de abanico: Los puntos de verificación más importantes en el proceso de elaboración de polvo de conchas de abanico se encuentran luego del proceso de la trituración donde se debe tener un tamaño de partícula menor a 2,36 mm y después de la última molienda donde el tamaño de partícula debe ser menor a 45  $\mu\text{m}$ .

Quitina: El punto de verificación de calidad más importante se encuentra en la verificación de pH y el control de la temperatura en la hidrolisis, en caso estos parámetros

sean muy elevados se podría obtener quitosano. Es necesario analizar el producto final para comprobar que se obtuvo quitina, para este análisis se tienen los resultados del DRX, FTIR, TGA.

Pellets: El punto de verificación de calidad más relevante está en el proceso de mezclado, luego de éste se deben hacer las respectivas pruebas de abrasión por lote de producción.

### **5.5 Sistema de mantenimiento de equipos**

La calidad del producto final también se ve afectada por el mantenimiento de los equipos involucrados en el proceso de producción, es debido a esta premisa que se muestra a continuación un plan de mantenimiento en la Tabla 5.21. Es necesario mencionar la capacitación que se debe dar a los operarios para que cuiden y mantengan limpios los equipos y así evitar los mantenimientos correctivos que suelen ser más caros que los mantenimientos preventivos. Los mantenimientos en algunos casos son dados por las mismas compañías proveedoras de los equipos, pero en los equipos importados por ejemplo los mantenimientos son dados por un tercero que envía a sus técnicos a revisar y reparar la máquina. Hay otros puntos a considerar dentro del campo del mantenimiento de los equipos que se detallan a continuación:

- Los mantenimientos preventivos no se hacen hasta después de haber transcurrido el primer año de uso del equipo.
- En el caso del reactor tener especial cuidado con los accesorios y piezas pequeñas para no tener que pedir reemplazo de las mismas e incurrir en costos adicionales.
- Los cambios de aceite y la lubricación de los accesorios de algunos equipos, se realizarán cada 6 meses independientemente de la fecha programada para el mantenimiento preventivo.

**Tabla 5.21***Plan de Mantenimiento de los equipos del proceso de producción*

<b>Equipo</b>	<b>Área</b>	<b>Descripción de la actividad</b>	<b>Tipo de Mantenimiento</b>	<b>Frecuencia</b>
<b>Balanza Industrial</b>	Producción de Quitina	Calibrar	Preventivo	6 meses
<b>Licuada Industrial</b>	Producción de Quitina	Lubricar el mecanismo de las cuchillas Limpiar el interior del motor	Preventivo	6 meses
<b>Reactor con chaqueta y agitador</b>	Producción de Quitina	Revisar el motor Revisar las conexiones de las mangueras Revisar termocupla	Preventivo	1 año
<b>Filtro prensa</b>	Producción de Quitina	Revisar telas filtrantes Comprobar el envejecimiento del aceite Comprobar el desgaste mecánico de las piezas con movimiento Descomprimir las válvulas de seguridad y volverlas a regular	Preventivo	6 meses
<b>Lavadora Industrial</b>	Producción de Quitina	Lubricar las piezas rotatorias, las partes activas de fricción, las cadenas Revisar el motor	Preventivo	1 año
<b>Trituradora de Mandíbula</b>	Producción de Polvo de Concha de Abanico	Profunda limpieza de la cámara de trituración	Preventivo	6 meses
<b>Pulverizadora</b>	Producción de Polvo de Concha de Abanico	Observar que los resortes estén en buen estado. Verificar que no hayan sufrido deformaciones permanentes. Revisar la parte eléctrica Limpieza profunda de la cámara Revisar el motor	Preventivo	1 año
<b>Estufa de convección forzada</b>	Producción de Polvo de Concha de Abanico	Calibrar	Preventivo	6 meses
<b>Mezcladora</b>	Producción de pellets	Comprobar el buen estado de las paletas mezcladoras Limpieza profunda del cilindro de mezcla	Preventivo	1 año
<b>Peletizadora</b>	Producción de pellets	Engrasar rodillos Cambiar aceite lubricante Revisar estado de conexiones eléctricas	Preventivo	1 año

## **CAPÍTULO VI: ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL**

### **6.1 Evaluación de los impactos ambientales en el proceso de producción**

El impacto ambiental es toda alteración positiva o negativa en el medio ambiente, ya sea en el agua, aire, suelo, recursos naturales, flora, fauna, seres humanos y las interrelaciones. El objetivo del Estudio de Impacto Ambiental es pronosticar y presentar medidas para tomar decisiones de tal manera que las acciones de la presente investigación sean coherentes con la protección y preservación del ambiente. En este caso se evaluará la huella que ocasiona el proceso de producción de pellets elaborados a base de quitina y conchas de abanico para la remoción de metales pesados en agua. Es necesario mencionar que la norma internacional ISO 14001 profundiza en este Estudio de Impacto Ambiental, permitiendo implantar un sistema efectivo de Gestión Ambiental en cualquier empresa. Esta norma está basada en el ciclo Planificar- Hacer- Verificar- Actuar y especifica los requisitos más importantes para identificar, controlar y supervisar los aspectos ambientales de cualquier organización, y también la forma de gestionar y mejorar todo el sistema (International Organization for Standardization, 2015).

De acuerdo al proceso de producción hay ciertas actividades que afectan de manera directa o indirecta al medio ambiente. La operación de lavado tanto después de la etapa de hidrólisis con la enzima como después de la etapa de desmineralización con ácido acético genera gran cantidad de volumen de agua residual, la cual, si es vertida directamente al desagüe sin neutralizar ni diluir, puede alterar la calidad del agua de la red hídrica. Así mismo la etapa de preparación de los reactivos (NaOH y ácido acético) genera vapores que alteran la composición del aire y son peligrosos para la salud de los trabajadores. Dentro del proceso de obtención de polvo de conchas de abanico, la etapa de lavado de conchas con ácido clorhídrico requiere una concentración baja de este insumo, pero sigue siendo dañina para el medio ambiente, por lo que es necesaria su neutralización antes de desechar al agua. En la etapa de reducción de tamaño de partícula de las conchas de abanico existe una pérdida de polvo en forma de partículas en suspensión lo que ocasiona una contaminación al aire.

Debido a que el proceso utiliza reactivos químicos, los trabajadores poseen riesgo de exposición a estas sustancias y es necesario aclarar que la etapa de preparación de soluciones presenta mayor riesgo de contacto que la operación de recepción e inspección. De la misma forma se presenta ruido en las operaciones de trituración de los langostinos, trituración de las conchas de abanico, molienda con molino de discos, molienda con molino de bolas y peletizado representando una contaminación auditiva para los trabajadores encargados de estos procesos.

Con el fin de realizar un análisis adecuado de todos los posibles impactos del proceso de elaboración de pellets a base de conchas de abanico y quitina de langostinos, se ha realizado una matriz Causa- Efecto.

Para determinar el IS (índice de significancia) de cada impacto se aplicó la siguiente fórmula:

$$IS = \frac{2m + d + e}{20} \times s$$

Donde:

m: magnitud

d: duración

e: extensión

s: sensibilidad del medio

Los rangos de significancia son los siguientes:

**Tabla 6.1**

*Rangos del nivel de significancia*

Nivel de significancia	Valoración
Muy poco significativo (1)	0,10-<0,39
Poco significativo (2)	0,40-<0,49
Moderadamente significativo (3)	0,50-<0,59
Muy significativo (4)	0,60-<0,69
Altamente significativo (5)	0,70-1,00

**Tabla 6.2**

*Matriz causa-efecto del proceso de elaboración de pellets hechos a base de conchas de abanico y quitina de langostinos*

FACTORES AMBIENTALES	N°	ELEMENTOS AMBIENTALES IMPACTADOS	ACTIVIDADES								
			a) RECEPCIÓN E INSPECCIÓN	b) PREPARACIÓN DE SOLUCIONES	c) TRITURACIÓN DE LANGOSTINOS	d) LAVADO DESPUES DE HIDROLISIS Y DEMINERALIZADO	e) LAVADO DE CONCHAS DE ABANICO	f) DISMINUCIÓN DE TAMAÑO DE CONCHAS DE ABANICO	g) PREPARACION DE GOMA DE TARA	h) PELLEITIZADO	
COMPONENTE AMBIENTAL MEDIO FISICO	A	<b>AIRE</b>									
	A.1	Alteración del aire debido a la emisión de material particulado							0,33	0,19	
	A.2	Contaminación por emisión de vapores de las sustancias preparadas		0,65							
	AG	<b>AGUA</b>									
	AG.1	Contaminación por aguas de lavado				0,8	0,8				
S	<b>SUELO</b>										
S.1	Degradación del suelo debido a las mermas de proceso									0,27	

Nota: Los números representan el índice de significancia del impacto de cada operación sobre determinado componente ambiental.

Se puede observar que las operaciones con mayor impacto son las de lavado después de hidrólisis y lavado de conchas de abanico en conjunto con las operaciones de preparación de soluciones y disminución de tamaño de las conchas de abanico.

A continuación, se presenta un cuadro de los niveles de significancia 4 y 5 con el fin de encontrar medidas de solución y disminuir el potencial impacto.

**Tabla 6.3**

*Impactos y medidas correctoras de las operaciones del proceso de producción*

<b>Operación</b>	<b>Impacto Ambiental</b>	<b>Medida correctiva</b>
Preparación de soluciones	Contaminación del aire por emisión de vapores de las sustancias preparadas.	En el área de preparación se colocará campanas extractoras, con el fin de disminuir la concentración de vapores. Además, se brindará al personal encargado los Equipos de Protección Personal (EPPs) necesarios para la mitigación de los efectos de los vapores.
Lavado después de hidrólisis y desmineralizado	Contaminación del agua por aguas de lavado.	Para eliminar el impacto de las aguas de lavado, en el caso de la hidrólisis donde se usa NaOH será necesario neutralizar el agua de lavado con el ácido acético de la etapa de desmineralizado.
Lavado de conchas de abanico	Contaminación del agua por aguas de lavado.	Para eliminar el impacto del agua de lavado de conchas de abanico, se neutralizará el agua con una solución básica de tal forma que pueda ser descargada a la red hídrica.
Disminución de tamaño de conchas de abanico	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Alteración del aire debido a la emisión de material particulado.</li> <li>• Degradación del suelo debido a las mermas del proceso.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Para reducir este impacto se colocará extractoras de aire en el área de trabajo con el fin de aspirar el polvo y renovar el aire de la estancia.</li> <li>• Para eliminar este impacto se limpiará con una aspiradora industrial el área de trabajo luego de cada operación de trituración o molienda.</li> </ul>
Preparación de goma de tara	Alteración del aire debido a la emisión de material particulado.	Así como en el área de disminución de tamaño de conchas de abanico, también en esta área se colocará extractoras de aire con el fin de aspirar las partículas de goma de tara que se esparzan en el ambiente.

## **6.2 Identificación de aspectos e impactos ambientales en el proceso del diseño experimental**

Según la ISO 14001, un aspecto ambiental es un elemento que deriva de la actividad de una empresa, ya sea industrial o de servicios y que tiene contacto con el medio ambiente. Entonces un aspecto ambiental interactúa con el medio ambiente mientras los impactos ambientales producen cambios en él. Con el objetivo de evaluar los impactos que generó el diseño

experimental, de manera especial las pruebas de adsorción que se realizaron para evaluar la funcionalidad de los pellets, se presenta a continuación una tabla de aspectos e impactos ambientales correspondientes a esta operación y también para la operación de disminución de tamaño de las conchas de abanico.

**Tabla 6.4**

*Aspectos e impactos ambientales durante el diseño experimental*

Aspecto	Impacto	Valoración
Lavado de los recipientes usados para la preparación de algunos reactivos dañinos.	Reutilización de los recipientes de vidrio.	Es un impacto positivo, puesto que con el lavado se evita el uso de nuevos recipientes. Además, es puntual porque solo impacta en el laboratorio.
	Incremento del volumen de las sustancias químicas almacenadas en el laboratorio para su disposición final en una Empresa Prestadora de Residuos Sólidos (EPS-RS).	Es un impacto negativo, debido a que se generan una mayor cantidad de residuos. No obstante, es de extensión local debido a que tendrán una disposición final adecuada.
Agrupación de los desechos sólidos (frascos de las muestras y papeles filtro usados).	Aumento de la cantidad de objetos contaminados químicamente en el laboratorio.	Es de carácter negativo, debido a que se genera mayor cantidad de residuos. Sin embargo, es local debido a que tendrán una disposición final adecuada, serán gestionados por una EPS-RS.

### 6.3 Producción más limpia

Según el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA), la estrategia de Producción más limpia en un proceso de producción tiene el objetivo de reducir el riesgo para los seres humanos y para el medio ambiente, incrementar la eficiencia y garantizar la viabilidad económica es decir reflejar a mediano plazo un ahorro de costos. En esta línea se presentan algunos puntos donde la aplicación de estrategias de producción más limpia tendrá un impacto significativo en el proceso de producción de pellets.

#### Tratamiento de agua

Se puede tratar el agua utilizada en el lavado de las conchas de abanico y el lavado después del tratamiento con ácido acético, para ser reutilizada en los mismos procesos. Después del lavado de conchas de abanico se generan restos de arena y algas marinas que vienen pegadas a la concha, que mediante un sistema de tratamiento primario por filtración pueden desprenderse del cuerpo de agua. En cuanto al agua después del lavado con ácido acético

sería conveniente tratar el efluente neutralizándolo. La reutilización del agua generará ahorros a largo plazo a nivel económico y disminuirá el impacto ambiental.

### **Buenas prácticas operativas**

Se debe aplicar buenas prácticas operativas a cada operación del proceso de producción.

#### a) Pesado adecuado de la materia prima

Se debe asegurar que la materia prima sea cuantificada según las concentraciones requeridas para garantizar la calidad del producto final y también asegurar la estandarización de los lotes producidos. Es necesario, con el fin de cumplir este objetivo asignar un operario para el pesado de los materiales, así como contar con un plan preventivo de calibración de la balanza. Se debe prestar una atención especial en la etapa de mezclado del polvo de concha de abanico y la quitina obtenida, porque la proporción debe mantenerse para lograr los resultados esperados.

#### b) Estandarización de los procesos

La estandarización de los procesos hace posible que la producción continua no genere cambios significativos en el producto. Cuando un proceso no está estandarizado se generan problemas con los clientes porque no reciben el producto solicitado además de problemas por la variación en las mermas o residuos en el proceso. Para lograr la estandarización de la elaboración de los pellets se debe cumplir con las proporciones mencionadas en el balance de materia. Es necesario mantener registros de cumplimiento de la receta en cada operación para que cuando haya mermas se pueda conocer la trazabilidad del producto. Otro punto a considerar es la capacitación de los operarios con el fin de que realicen correctamente cada operación.

#### c) Mantenimiento de equipos

Es necesario un mantenimiento preventivo de los equipos para garantizar el funcionamiento óptimo de los mismos, la disminución de productos defectuosos y maximizar la eficiencia del uso energético. El encargado de mantenimiento debe contar con los manuales de uso brindados por los proveedores, en forma simultánea debe programar y planificar las fechas de mantenimiento. En esta programación se debe especificar las actividades de mantenimiento, los recursos que se usarán y el tiempo que tomará.

#### d) Ahorro energético (luz)

- **Equipos:** Para reducir el requerimiento energético de los equipos, que son los que generan mayor consumo de electricidad en la organización, se debe elaborar una estrategia que optimice el rendimiento de los mismos, de tal forma que las maquinas cumplan con las funciones requeridas para el proceso de producción y que cumplan a la vez con su sistema de funcionamiento propio.
- **Iluminación:** La iluminación en la planta de producción representa un consumo significativo de energía, por lo que se podría hacer uso de las siguientes opciones: uso de la luz natural a través de tragaluces, lámparas de alta eficiencia, iluminación LED, y en caso se tenga las instalaciones adecuadas para el uso de la energía solar también se puede hacer uso de ésta.
- **Personal:** El factor capacitación y concientización del personal es muy importante en el tema de eficiencia del uso energético, si el personal no hace caso de las recomendaciones para ahorrar energía tanto con el uso de los equipos como con el uso de la iluminación de los ambientes el costo de la energía incrementará y así los costos de producción total también se elevarán.

#### **6.4 Ciclo de vida del producto**

En la norma UNE-EN ISO 14040 (Gestión Ambiental. Análisis de Ciclo de Vida. Principios y Marco de referencia), se define el Análisis de Ciclo de Vida (ACV) como una técnica que trata los aspectos medioambientales y los impactos ambientales potenciales a lo largo del ciclo de vida de un producto o servicio. El ACV trata los aspectos ambientales e impactos ambientales potenciales (por ejemplo, el uso de recursos y las consecuencias ambientales de las emisiones) a lo largo de todo el ciclo de vida de un producto desde la adquisición de la materia prima, pasando por la producción, uso, tratamiento final, reciclado, hasta su disposición final (es decir, de la cuna a la tumba) (International Organization for Standardization, 2006).

Para el presente trabajo, se comparará el adsorbente biológico hecho a partir de pellets a base de conchas de abanico y quitina de langostinos con un adsorbente químico como es el carbón activado.

El carbón activado es un adsorbente muy comúnmente utilizado para el tratamiento de aguas residuales e industriales. Es obtenido a partir de sustancias carbonosas como la madera, aserrín, cascaras de coco, cascarillas de arroz, cascaras de nueces, melaza, bagazo, huesos entre otros.

Hay dos maneras de activar la materia prima (fuente de carbón): la activación química y la activación física. La mayoría de investigaciones revisadas prefieren trabajar con la activación química debido a que presenta ventajas como que proporciona altos rendimientos, se desarrolla a bajas temperaturas, se requiere menor tiempo de activación y por lo general desarrolla un alto grado de porosidad (Pereira Guanuche, F. et al., 2019). Esta activación química consiste en impregnar el material con un agente químico deshidratante como ácido fosfórico, cloruro de zinc, ácido sulfúrico, sulfato de potasio, carbonatos o cloruros metálicos y carbonizarla luego en una mufla, mientras que la activación física o térmica consiste en pasar primero la materia prima por una carbonización y luego ponerla en contacto con gases oxidantes (dióxido de carbono, vapor de agua, oxígeno) a altas temperaturas.

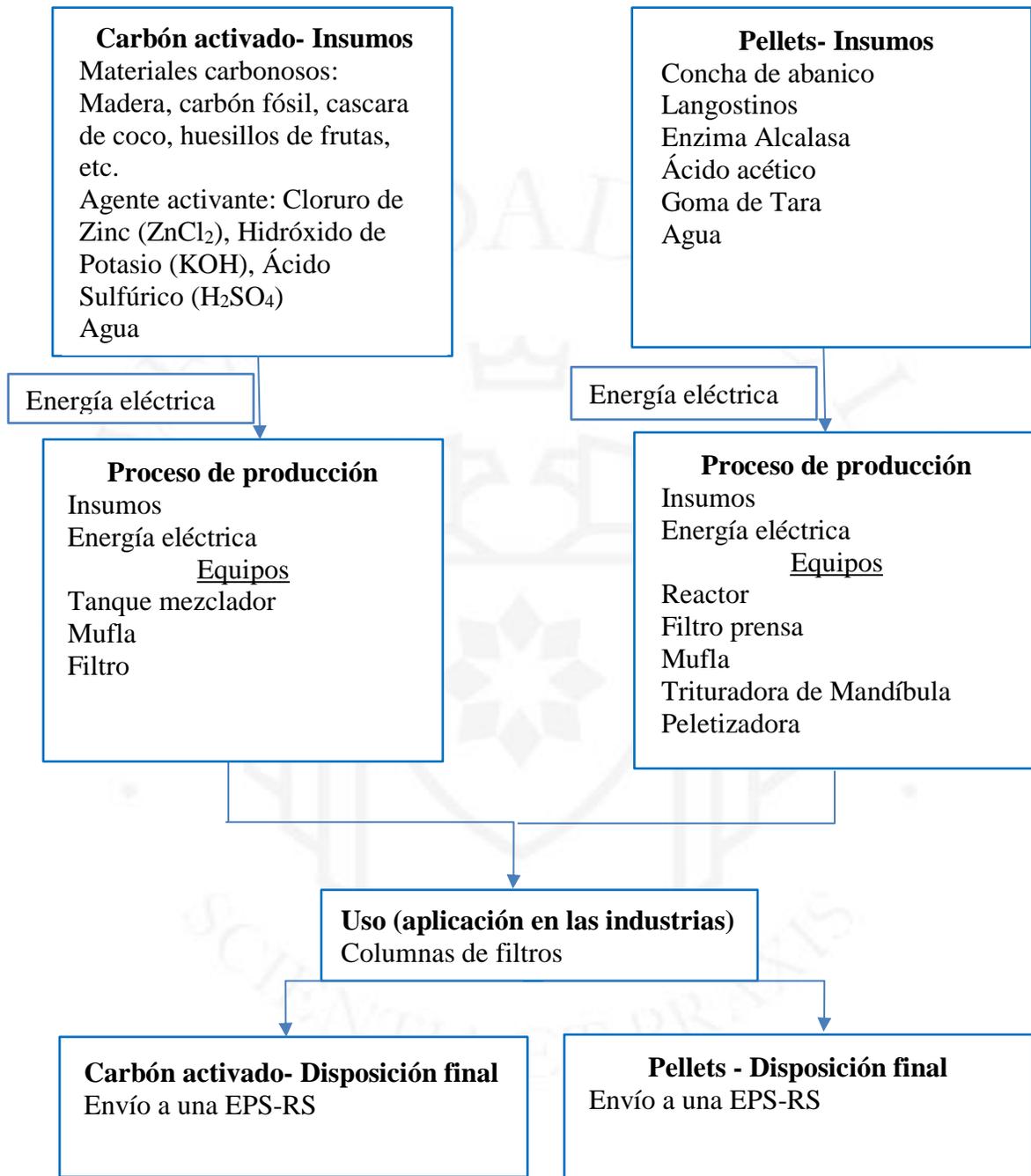
Para el tratamiento de aguas, el carbón activado viene en dos formas principales: en polvo y granular. Ambas presentaciones tienen un costo elevado frente a los pellets hechos a base de quitina y conchas de abanico.

En la siguiente figura se evaluarán las similitudes y diferencias entre el carbón activado y los pellets elaborados a base de quitina y conchas de abanico, para los siguientes aspectos:

- Naturaleza de los insumos
- Proceso de producción
- Uso del producto
- Disposición final

**Figura 6.1**

*Ciclo de vida de ambos adsorbentes*



## **CAPÍTULO VII: SEGURIDAD Y SALUD OCUPACIONAL**

Se desarrollará una matriz de Identificación de Peligros y Evaluación de Riesgos y Controles (IPERC) que permitirá identificar los peligros, analizar, evaluar y priorizar los riesgos a los que se encontrarían expuestos los trabajadores de la empresa con el fin de preparar un plan de control que según prioridades ayude a reducirlos y prevenirlos disminuyendo así los accidentes y las pérdidas subsecuentes.

En la Tabla 7.1 se muestra la matriz IPERC, basada en la Ley 29783, Ley de Seguridad y Salud en el Trabajo, donde se puede observar que el riesgo es significativo para el proceso de trituración de conchas debido a que podría ocasionar una posible amputación si la maquina no es correctamente manejada.

**Tabla 7.1**

Matriz IPERC

EVALUACION DEL RIESGO													
N° / TIPO	TAREA	PELIGRO	RIESGO	PROBABILIDAD							GRADO DEL RIESGO	RIESGO SIGNIFICATIVO	MEDIDAS DE CONTROL PREVENTIVAS / CORRECTIVAS
				Índice de Personas Expuestas (A)	Índice de Procedimientos existentes (B)	Índice de Capacitación (C)	Índice de Exposición al Riesgo (D)	INDICE DE PROBABILIDAD (A+B+C+D)	ÍNDICE DE SEVERIDAD	Probabilidad x Severidad			
1	Pesado de goma de tara	No utilizar o utilizar de manera incorrecta los EPP's	Riesgo de aspirar partículas	1	1	1	3	6	1	6	TO	NO	Uso de EPP, mascarilla
2	Hidrolisis de langostinos	No utilizar o utilizar de manera incorrecta los EPP's	Riesgo de quemadura por NaOH	1	1	1	3	6	2	12	MO	NO	Uso de guantes y mascarilla
3	Desmineralización	No utilizar o utilizar de manera incorrecta los EPP's	Riesgo de irritación de las mucosas por inhalación	1	1	1	3	6	2	12	MO	NO	Uso de EPP, mascarilla
4	Triturado de conchas	No utilizar o utilizar de manera incorrecta los EPP's	Riesgo de amputación	1	1	1	3	6	3	18	IM	SI	Maquinaria con guardas de seguridad

(Continúa)

(Continuación)

EVALUACION DEL RIESGO													
N° / TIPO	TAREA	PELIGRO	RIESGO	PROBABILIDAD							GRADO DEL RIESGO	RIESGO SIGNIFICATIVO	MEDIDAS DE CONTROL PREVENTIVAS / CORRECTIVAS
				Índice de Personas Expuestas (A)	Índice de Procedimientos existentes (B)	Índice de Capacitación (C)	Índice de Exposición al Riesgo (D)	INDICE DE PROBABILIDAD (A+B+C+D)	ÍNDICE DE SEVERIDAD	Probabilidad x Severidad			
5	Tamizado	No utilizar o utilizar de manera incorrecta los EPP's	Riesgo de aspirar partículas	1	1	1	3	6	1	6	TO	NO	Uso de EPP, mascarilla
6	Molienda de conchas (molino de discos)	No utilizar o utilizar de manera incorrecta los EPP's	Riesgo de lesiones auditivas	1	1	1	3	6	2	12	MO	NO	Uso de protector de oídos
7	Pulverizado	No utilizar o utilizar de manera incorrecta los EPP's	Riesgo de lesiones auditivas	1	1	1	3	6	2	12	MO	NO	Uso de protector de oídos

**Tabla 7.2***Índices de probabilidad de ocurrencia*

INDICES DE PROBABILIDAD DE OCURRENCIA				
INDICE	PERSONAS EXPUESTAS	PROCEDIMIENTO SEXISTENTES	CAPACITACION	EXPOSICION AL RIESGO
1	De 1 a 3	Existen y son satisfactorios y suficientes	Personal entrenado, conoce el peligro y lo previene	Al menos 1 vez al año (S) BAJA (SO)
2	De 4 a 12	Existen parcialmente y NO son satisfactorios suficientes	Personal parcialmente entrenado, conoce el peligro, pero NO toma acciones de control	Al menos 1 vez al mes (S) MEDIA (SO)
3	Más de 12	No existen	Personal NO entrenado, NO conoce los peligros, por lo tanto, NO toma acciones de control accidental	Al menos 1 vez al día (S) ALTA (SO)

**Tabla 7.3***Índices de gravedad del daño*

INDICES DE GRAVEDAD DEL DAÑO		
INDICE	RIESGOS PERSONALES	RIESGOS PATRIMONIALES
1	Lesión sin incapacidad (S) Incomodidad para efectuar el trabajo con seguridad (SO)	Pérdidas entre US \$ 1 y \$ 1 000
2	Lesión con incapacidad temporal (S). Daño a la salud reversible (SO)	Pérdidas entre US \$ 1 001 y \$ 10 000
3	Muerte, lesión con incapacidad permanente (S). Daño a la salud irreversible (SO)	Pérdidas superiores a US \$ 10 000

## CONCLUSIONES

- Se ha obtenido quitina a partir de cabezas de langostinos, la cual ha sido caracterizada por diferentes métodos.
- La quitina obtenida tiene un tamaño de cristal de 11 nm e índice de cristalinidad de 96%.
- Se establecieron dos métodos para la desmineralización de la quitina, los cuales fueron el uso del ácido clorhídrico y NaOH; y con ácido acético para la desmineralización del método biológico.
- Se fabricaron pellets a partir de un compósito formado por las conchas de abanico y quitina obtenido de residuos de langostinos.
- El rendimiento de los procesos de desproteínización y desmineralización para la quitina son de 23,36% y 17,12% respectivamente.
- Los pellets preparados son capaces de remover colorantes en solución como fue el caso del azul de metileno, llegándose a obtener valores de remoción de hasta el 92 %
- Los pellets con mejor porcentaje de adsorción y costo son los que contienen un 30% de quitina y 70% de conchas de abanico, debido a que su costo no es tan elevado en comparación con los pellets con un contenido del 90%.
- Los pellets elaborados con 30% de quitina y 70% de conchas de abanico, son capaces de remover el 21% de arsénico en agua contaminada después de 90 minutos.
- La utilización de pellets basados en polvo de conchas de abanico y quitina a partir de langostinos para la adsorción de metales pesados en aguas es viable tecnológica y ambientalmente debido a que existen los equipos e insumos necesarios para el proyecto y, al ser un producto biodegradable no daña el medio ambiente.
- Es posible utilizar desechos acuícolas de langostinos y conchas de abanico para producir un nuevo material capaz de remover contaminantes acuosos.
- El cuello de botella del proceso de producción según el cálculo de capacidad de planta instalada es en la trituradora de mandíbulas con 33 317 Kg de Pellets / año.

- El costo unitario de la bolsa de 1 Kg de pellets es de 28,01 S/. y tomando una utilidad de 30% se tiene un precio de 36 S/., precio competitivo con respecto a otros métodos actuales de tratamiento de agua.



## RECOMENDACIONES

- Buscar un método alternativo para el proceso de producción de quitina que demore menos tiempo y además sea rentable económicamente.
- Elaborar un sistema de producción de polvo de concha de abanico de mayor eficiencia. En este proyecto se ha utilizado diversos equipos para la reducción de tamaño, sin embargo, se recomienda buscar otros equipos de mayor capacidad de procesamiento.
- Tener presente los adecuados cuidados para la conservación de la materia prima de los langostinos, ya que pueden descomponerse fácilmente.
- Realizar cuidadosamente el lavado de las conchas de abanico antes de procesarlas, para la obtención del polvo de conchas.
- Mantener los pellets en un ambiente seco para que no adsorban contaminantes del ambiente ni agua.
- Tener presente la actividad enzimática de la enzima Alcalasa para poder realizar correctamente la desproteínización.
- Prestar atención especial al mantenimiento preventivo de los equipos. Durante el desarrollo del proyecto, se tuvieron desperfectos en el funcionamiento del molino de bolas y del reactor.
- Adquirir una bomba peristáltica que permita suministrar el NaOH durante la desproteínización en el reactor. Además, considerar un PLC que controle de forma automática el proceso de suministrar el NaOH hasta alcanzar el  $\text{pH} = 9$  para que la enzima Alcalasa funcione.

## GLOSARIO DE TÉRMINOS

**Astaxantina:** Es un carotenoide perteneciente a la familia de las xantofilas por la presencia de oxígeno en su estructura química. Su uso se ha difundido en la industria farmacéutica y pecuaria. La importancia de la astaxantina no solo está relacionada con su capacidad colorante, sino también por su poder antioxidante que ha mostrado ser mayor que R-caroteno, alfa-caroteno, beta-caroteno y luteína. Es de color rojo oscuro, es insoluble en agua o agua caliente, parcialmente soluble en etanol. Soluble en Hexano, Acetona y Éter (Cordova Castro, N. et al, 2015)

**ATR:** La Reflectancia total atenuada es un método de muestro que introduce luz en una muestra para adquirir información estructural y de composición. La ATR es una de las tecnologías de muestreo más usadas para la espectroscopía FTIR (Mettler Toledo, 2019)

**Biopolímeros:** Son polímeros o copolímeros producidos a partir de materias primas de fuentes renovables tales como maíz, caña de azúcar, celulosa, quitina y otros. Las fuentes renovables son conocidas por tener un ciclo de vida más corto en comparación con fuentes fósiles como el petróleo (Brito, G.F.; Agrawal, P.; Araujo, E.M; Mélo, 2011)

**Cuenca Hidrográfica:** Es una unidad geográfica e hidrológica, formada por un río principal y todos sus territorios asociados entre el origen del río y su desembocadura. Además, incluye el área y los ecosistemas (territorios y ríos menores, aguas subterráneas o acuíferos, zonas costeras y su influencia en el mar (International Union for Conservation of Nature, n.d.)

**ECA:** Los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) establecidos por el MINAM, fijan los valores máximos permitidos de contaminantes en el ambiente. El propósito es garantizar la conservación de la calidad ambiental mediante el uso de instrumentos de gestión ambiental sofisticados y de evaluación detallada (Ministerio del Ambiente, 2019)

**Enlace peptídico:** Es un enlace entre el grupo amino ( $-NH_2$ ) de un aminoácido y el grupo carboxilo ( $-COOH$ ) de otro aminoácido. Las proteínas están formadas por la unión de aminoácidos mediante enlaces peptídicos (Borsook, 1953)

**Enzima:** Son catalizadores, es decir es una sustancia que altera la velocidad de una reacción química sin estar presente en los productos de la reacción (Helmut Uhlig, 1998)

**Pellet:** Son principalmente sólidos cilíndricos, y se diferencian de las briquetas por sus dimensiones. Las briquetas poseen diámetros entre 50 y 90 mm y longitudes entre 74 y 300 mm, mientras que el diámetro del pellet es inferior a 10 mm y la longitud no mayor a 30 mm. Aunque son desarrollados a partir de distintos tipos de biomasa la industria durante sus inicios se enfocó principalmente en la producción de pellets a partir de residuos de madera (Forero Nuñez, Carlos Andrés; Guerrero Fajardo, Carlos Alberto; Sierra Vargas, 2012)

**Polisacárido:** Tienen estructuras moleculares complejas en las que muchas unidades de monosacárido (centenares o incluso millares) están unidas configurando una macromolécula. Son ejemplos el almidón y la celulosa, que producen por hidrólisis ácida, en caliente, glucosa. Estos polisacáridos tienen diferente configuración siendo el almidón un  $\alpha$ -glucósido y la celulosa un  $\beta$ - glucósido (Toledo Marante, 2003)

**Quitosano:** También denominado chitosan, es un polisacárido lineal de alto peso molecular compuesto por cadenas de  $\beta$ -(1-4) D-glucosamina (unidades desacetiladas) y N-acetil-D-glucosamina (unidad acetilada). Se obtiene por la desacetilación parcial de quitina, la cual es un polisacárido muy abundante en la naturaleza, principalmente en crustáceos, insectos y hongos (Rincon, 2012)

**Sustancia cristalina:** O sólido cristalino son aquellos en los que los átomos, iones o moléculas se repiten de forma ordenada y periódica en las tres dimensiones del espacio. En los materiales amorfos no existe una distribución regular dentro del sólido. Se puede diferenciar un sólido cristalino de uno amorfo por el espectro de difracción de rayos X. Los sólidos cristalinos presentan picos de difracción muy agudos mientras que los amorfos dan espectrogramas con picos muy anchos (Universidad de Valencia, 2012)

## REFERENCIAS

- Aluko R.E. (2018). Food protein-derived peptides: Production, isolation, and purification. In *Proteins in Food Processing* (pp. 389–412). Woodhead Publishing.
- Andina. (2019). *Reingreso de conchas de abanico y pejerrey de Perú a China impulsará exportaciones*. <https://andina.pe/agencia/noticia-reingreso-conchas-abanico-y-pejerrey-peru-a-china-impulsara-exportaciones-778075.aspx>
- Arango Ruiz, A. (2005). *La electrocoagulación: una alternativa para el tratamiento*. <https://www.redalyc.org/pdf/695/69520109.pdf>
- Arias, Juan Miguel; Paternina, Elihu; Barragán, D. (2009). Adsorción física sobre sólidos: aspectos termodinámicos. *Química Nova*, 1350–1355. <https://doi.org/10.1590/S0100-40422009000500046>
- Autoridad Nacional del Agua. (2017). *El agua en cifras*. <https://www.ana.gob.pe/contenido/el-agua-en-cifras>
- Black, M.M; Schwarts, H. . (1950). The estimation of chitin and chitin nitrogen in crawfish waste and derived products. *Analyst Journal*, 185–186. <https://doi.org/10.1039/AN9507500185>
- Borsook, H. (1953). Peptide Bond Formation. *Advances in Protein Chemistry*, 127–174.
- Brito, G.F.; Agrawal, P.; Araujo, E.M; Mélo, T. J. . (2011). Biopolímeros, Polímeros Biodegradáveis e Polímeros Verdes. *Revista Eletrônica de Materiais e Processos*, 127–139.
- Buraschi Goldin, C. (2017). Acuapesca. *El Comercio*. <https://archivo.elcomercio.pe/amp/esan/segunda/acuapesca-noticia-1992737>
- Castro Mandujano, Nino; Vidal Caldas, C. (2015). Obtención y caracterización de quitina y quitosano del emerita analoga a escala piloto. *TZHOECOEN*, 182–197. <http://orcid.org/0000-0002-6592-6934>
- Cevallos Barturen , Nimia Medalit; Medina Ormachea, D. S. (2018). *Estudio de la viabilidad técnico-ambiental de la aplicación de un adsorbente avanzado a base de goma de tara para la remoción de arsénico en efluentes mineros* [Universidad de Lima]. <http://doi.org/10.26439/ulima.tesis/10020>
- Charulatha, S.; Muthulakshmi Andal, N. (2018). Sorption Capacity of Bivalve molluscs Shell in the Removal of Divalent ION from Aqueous Solutions. *International Journal of ChemTech Research*, 103–110. 10.20902/IJCTR.2018.1111014
- Conchas de abanico: las pepitas de oro del mar peruano. (22 de diciembre de 2018). *Perú*

21. <https://peru21.pe/peru/piura-conchas-abanico-pepitas-oro-mar-peruano-video-448598-noticia/>

- El Knidri, Hakima; Belaabed, Raja; Addaou, Abdellah; Laajeb, Ali; Ahmed, L. (2018). Extraction, chemical modification and characterization of chitin and chitosan. *International Journal of Biological Macromolecules*, 1181–1189. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2018.08.139>
- Elwakeel, Khalid Z. ; Elgarahy, Ahmed M.; Mohammad, S. H. (2017). Use of beach bivalve shells located at Port Said coast (Egypt) as a green approach for methylene blue removal. *Journal of Environmental Chemical Engineering*, 578–587. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jece.2016.12.032>
- Escorcía, D.; Hernández, D.; Sanchez, M.; Benevente, M. (2009). Diseño y montaje de una planta piloto para la extracción de quitina y proteínas. *Nexo Revista Científica*, 45–55. <https://doi.org/https://doi.org/10.5377/nexo.v22i2.42>
- Farfán Raymundo, P. (2015). *Uso de concha de abanico triturada para mejoramiento de subrasantes arenosas*. <https://pirhua.udep.edu.pe/handle/11042/2333>
- Food and Agriculture Organization. (2018). *The state of world fisheries and aquaculture*. <http://www.fao.org/state-of-fisheries-aquaculture/2018/en#:~:text=The State of World Fisheries,world fishery and aquaculture statistics.&text=With capture fishery production relatively,of fish for human consumption.>
- Forero Nuñez, Carlos Andrés; Guerrero Fajardo, Carlos Alberto; Sierra Vargas, F. E. (2012). Producción y uso de pellets de biomasa para la generación de energía térmica: una revisión a los modelos del proceso de gasificación. *ITECKNE: Innovación e Investigación En Ingeniería*, 21–30.
- Franco Zavaleta, M. E. (2010). *Extracción de astaxantina a partir de residuos de camarón ensilados por métodos ácido y bacteriano*. Universidad Autónoma Metropolitana.
- Goodrich, Jacob D.; Winter, W. T. (2007). Alfa chitin nanocrystals prepared from shrimps shells and their specific surface area measurement. *Biomacromolecules*, 252–257. <https://doi.org/https://doi.org/10.1021/bm0603589>
- Guzmán, Nury; Saá, Sheyla; Luci, O. (1998). Catálogo descriptivo de los moluscos litorales (Gasteropoda y Pelecypoda) de la zona de Antofagasta 23°S (Chile). *Estud. Oceanol*, 17–86. [https://horizon.documentation.ird.fr/exl-doc/pleins\\_textes/pleins\\_textes\\_7/b\\_fdi\\_51-52/010019962.pdf](https://horizon.documentation.ird.fr/exl-doc/pleins_textes/pleins_textes_7/b_fdi_51-52/010019962.pdf)
- H. Seeck, Oliver; M. Murphy, B. (2014). *X-Ray Diffraction Modern Experimental Techniques*. Taylor & Francis.
- Helmut Uhlig. (1998). *Industrial enzymes and their applications*. Wiley-Interscience.
- Henke, K. R. (2009). *Arsenic: Environmental Chemistry, Health Threats and Waste Treatment*. Wiley Blackwell.

- Herrero, P.; Baró, A. (1993). Microscopia óptica, electrónica y por efecto túnel. *Introducción a Las Ciencias de Materiales*, 553–590.
- International Organization for Standardization. (2006). *ISO 14040: 2006*.  
<https://www.iso.org/obp/ui#iso:std:iso:14040:ed-2:v1:es>
- International Organization for Standardization. (2015). *ISO 14001: 2015*.  
<https://www.iso.org/obp/ui/es/#iso:std:iso:14001:ed-3:v1:es>
- International Union for Conservation of Nature. (n.d.). *Cuenca Hidrográfica*.  
[https://www.iucn.org/sites/dev/files/content/documents/cuenca\\_hidrografica.pdf](https://www.iucn.org/sites/dev/files/content/documents/cuenca_hidrografica.pdf)
- IV Congreso Hidrogeológico Argentino. (2005). *Arsénico en aguas: origen, movilidad y tratamiento*. [https://digital.csic.es/bitstream/10261/4019/1/Galindo\\_et\\_al-Arsenico-2005.pdf](https://digital.csic.es/bitstream/10261/4019/1/Galindo_et_al-Arsenico-2005.pdf)
- Kaur, Surinder; Singh Dhillon, G. (2013). Recent trends in biological extraction of chitin from marine shell wastes: a review. *Critical Reviews in Biotechnology*, 1–18.  
<https://doi.org/10.3109/07388551.2013.798256>
- Kaya, Murat; Baran, Talat; Karaarslan, M. (2015). A new method for fast chitin extraction from shells of crab, crayfish and shrimp. *Natural Product Research*, 1477–1480.  
<https://doi.org/https://doi.org/10.1080/14786419.2015.1026341>
- Kelton, K.F; Greer, A. . (2010). Nucleation in Condensed Matter- Applications in Materials and Biology. In *Biology and Medicine* (pp. 623–671).
- Larbi, Fatma; García, Araceli; Del Valle, Luis J.; Hamou, Ahmed; Puiggali, Jordi; Belgacem, Naceur; Bras, J. (2018). Comparison of nanocrystals and nanofibers produced from shrimp shell  $\alpha$ -chitin: From energy production to material cytotoxicity and Pickering emulsion properties. *Carbohydrate Polymers*, 385–397.  
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2018.04.094>
- Márquez Sáenz, J. C. (2017). *Determinación de la calidad microbiológica en moluscos bivalvos y agua de mar en la bahía de Sechura-Piura*. Universidad Nacional Agraria la Molina.
- MAXIMIXE. (2003). *Perfil de Mercado y Competitividad Exportadora de la Concha de Abanico*.
- Melendez Martinez, Antonio J.; Vicario, Isabel ; Heredia, F. (2007). Pigmentos carotenoides: consideraciones estructurales y fisicoquímicas. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*, 109–117.
- Mendo, J. (2008). *Manejo y explotación de los principales bancos naturales de concha de abanico (Argopecten purpuratus) en la costa Peruana*.  
<http://www.fao.org/tempref/docrep/fao/011/i0444s/i0444s07.pdf>
- Mettler Toledo. (2019). *Mettler Toledo*.  
[https://www.mt.com/mx/es/home/products/L1\\_AutochemProducts/ReactIR/attenuated](https://www.mt.com/mx/es/home/products/L1_AutochemProducts/ReactIR/attenuated)

-total-reflectance-atr.html

- Ministerio de Comercio Exterior y Turismo. (2019). *Langostinos*.  
[https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/410809/3\\_Langostinos\\_2019\\_PLIEGOS.pdf](https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/410809/3_Langostinos_2019_PLIEGOS.pdf)
- Ministerio de Energía y Minas. (2018). *Anuario Minero 2018*.  
[https://www.minem.gob.pe/minem/archivos/file/Mineria/PUBLICACIONES/ANUARIOS/2018/AM2018\(VF\).pdf](https://www.minem.gob.pe/minem/archivos/file/Mineria/PUBLICACIONES/ANUARIOS/2018/AM2018(VF).pdf)
- Ministerio de la producción. (2019). *PRODUCE: Recuperación de cultivos de concha de abanico se consolidará este año*.  
<http://ogeiee.produce.gob.pe/index.php/oficinageneral/noticias/item/843-produce-recuperacion-de-cultivos-de-concha-de-abanico-se-consolidara-este-ano>
- Ministerio del Ambiente. (2019). *Estándares de calidad ambiental*.  
<http://www.minam.gob.pe/calidadambiental/estandares-de-calidad-ambiental/>
- Mizani, A. Maryam; Aminlari, B. M. (2007). *A new process for deproteinization of chitin from shrimp*.
- Mogilevskaya, E.L; Akopova, T.A; Zelenetskii, A.N; Ozerin, A. . (2006). The crystal structure of chitin and chitosan. *Polymer Science*, 116–123.
- Nagasawa, H. (2012). The crustacean cuticle: structure, composition and mineralization. *Frontiers in Bioscience*, 711–720.
- Nwabanne, J.T; Igbokwe, P. . (2012). Adsorption Performance Of Packed Bed Column For The Removal Of Lead (II) Using Oil Palm Fibre. *International Journal of Applied Science and Technology*, 106–115.
- Organización Mundial de la Salud. (2014). Arsenic exposure in drinking water: an unrecognized health threat. *Bulletin of the World Health Organization*, 565–572.  
<https://doi.org/10.2471/BLT.13.128496>
- Organización Mundial de la Salud. (2018). *Arsénico*. <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/arsenic>
- Oyekunle, Daniel T. ; Omoleye, J. A. (2019). Effect of particle sizes on the kinetics of demineralization of snail shell for chitin synthesis using acetic acid. *Heliyon*.  
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2019.e02828>
- Ponce Alvarez, S. P. (1999). *Catalizadores del tipo Perovskita para la oxidación de CO y gas natural* [Universidad Autónoma de Madrid].  
<https://repositorio.uam.es/handle/10486/674669>
- Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente. (2002). *Perspectivas del Medio Ambiente Mundial 2002 GEO-3*.
- Pubchem. (2006). *Chitin from shrimp shells*.

<https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/Chitin-from-shrimp-shells>

- Rincon, M. (2012). Quitina y Quitosano, polímeros amigables. Una revisión de sus aplicaciones. *Revista Tecnocientífica URU*, 53–58.
- Roberts, G. A. . (1992). *Chitin Chemistry*. The Macmillan Press LTD.
- Rojas, R. (1993). Análisis térmico. *Introducción a La Ciencia de Materiales*, 639–663.
- Salazar Caya, D. & Rodriguez Quispe, L. (2017). *Desarrollo y evaluación de un material adsorbente a partir de residuos orgánicos para la adsorción de Cu +2 en soluciones sintéticas*. <http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/UNSA/3442>
- Shareef Surchi, K. M. (2011). Agricultural wastes as low cost adsorbents for Pb removal: kinetics, equilibrium and thermodynamics. *International Journal of Chemistry*, 103–112.
- Singh, Dhanesh; Mishra, M. ; Mishra, A.K; Singh, A. (2013). Removal of lead from waste water using low cost adsorbent. *International Research Journal of Environment Sciences*, 23–26. <https://doi.org/10.4172/2155-6199.1000315>
- Sociedad Ibero Americana de Quitina. (2015). *Quitina-Quitosano*. <http://www.siaq.net/quitina.html>
- Sotomayor, Arístides; Power, G. (2019). *Tecnologías limpias y medio ambiente en el sector industrial peruano*. Fondo Editorial Universidad de Lima.
- Subasinghe, S. (1999). Chitin from shellfish waste health benefits over shadowing industrial uses. *Infofish International*.
- Toledo Marante, F. J. (2003). *Los polisacáridos mucilaginosos de Aloe vera (AVMP): estabilidad*.
- Universidad de Valencia. (2012). *QIES*. <https://www.uv.es/lahuerta/qies2012b/tema1/1solidoscristalinos/index.htm>
- Upendra, Kumar; Jyotikusum, A. (2015). Removal of Pb(II) from wastewater by rice husk. *Research Journal of Chemistry and Environment*, 272–275.
- Wang, Chao; R.Esker, A. (2014). Nanocrystalline chitin thin films. *Carbohydrate Polymers*, 151–158. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2013.10.103>
- Whistler, Roy; BeMiller, J. (1993). Chitin. In *Industrial Gums* (pp. 601–604). Academic Press, Inc.
- Zuñiga Romero, O. (2002). *Moluscos*. [https://intranetua.uantof.cl/crea/guia\\_moluscos.pdf](https://intranetua.uantof.cl/crea/guia_moluscos.pdf)

## BIBLIOGRAFÍA

- Alarcón, M. ; Santos C.; Cevallos, M.; Eyzaguirre, R.; Ponce, S. (2017). Study of the mechanical and energetic properties of pellets produce from agricultural biomass of quinoa, beans, oat, cattail and wheat. *Waste and Biomass Valorization*, 2881–2888.
- An, H.K; Park, B.Y; Kim, D. (2001). Crab shell for the removal of heavy metals from aqueous solution. *Water Research*, 3551–3556.  
[https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0043-1354\(01\)00099-9](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0043-1354(01)00099-9)
- Arunlertaree, Chumlong; Kaewsomboon, Wanvisa; Kumsopa, Acharaporn; Pokethitiyook, Prayad; Panyawathanakit, P. (2007). Removal of lead from battery manufacturing wastewater by egg shell. *Songklanakarin Journal of Science and Technology*, 858–868.
- Austin, G. T. (2008). *Shreve's Chemical Process Industries*. McGraw-Hill.
- Barbalace, J. (n.d.). *Environmental Chemistry*.  
<https://environmentalchemistry.com/yogi/periodic/As.html>
- Brimali Industrial. (2020). *Licuada industrial*.  
<https://www.brimaliindustrial.com.pe/producto/licuada-industrial-25-litros-volcable-tc25/>
- Cadec. (2020). *Etiquetadora*. <https://www.cadec.com.ar/ap-160-etiquetadora-automatica>
- Cary Peru. (2020). *Henkel*. <https://www.caryperu.com/henkel>
- Chengda machine. (2020). <http://www.chengdamachine.com/en/>
- Chinapak. (2020). <https://www.chinapak.es/embolsadora-de-granos-arroz-azucar-maiz-sp-ak300/>
- Cimatec. (2020). <http://website.cimatec.pe/producto/trituradora-de-mandibulas-bb-250-retsch/>
- Cisneros Pérez, Iván; Curbelo Hernández, Caridad; Andrade Díaz, Christhel; Giler Molina, J. M. (2019). *Evaluación de la extracción enzimática de quitina a partir del exoesqueleto de camarón*.  
[http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2223-48612019000100051](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2223-48612019000100051)

- Colina, Marinela; Ayala, Andres; Rincon, Dianela; Molina, Jose; Medina, Jairo; Ynciarte, Ruben; Vargas, Jose; Montilla, B. (2014). Evaluación de los procesos para la obtención química de quitina y quitosano a partir de desechos de cangrejos. Escala piloto e industrial. *Revista Iberoamericana de Polímeros*, 21–43.
- COMEX PERU. (2018). *Un repaso a la acuicultura nacional*.  
<https://www.comexperu.org.pe/articulo/un-repaso-a-la-acuicultura-nacional>
- Cordova Castro, Nancy M.; Acero Reyes, Nadine L. ; Duque Buitrago, Luisa F.; Jiménez Aguilar, L. Juliana; Serna Jiménez, J. A. (2015). *Obtención y caracterización de astaxantina de la microalga Haematococcus pluvialis*. 73–82.
- Crittenden, John; Trussell, Rhodes; Hand, David; Howe, Kerry; Tchobanoglous, G. (2012). *MWH's Water Treatment*. John Wiley & Sons, Inc.
- Cullity, B.D.; Stock, S. R. (2014). *Elements of X-Ray Diffraction*. Pearson Education.
- Derakhshan, Zahra & Baghapour, Mohammad & Ranjbar, Mojdeh & Faramarzian, M. (2013). Adsorption of Methylene Blue Dye from Aqueous Solutions by Modified Pumice Stone: Kinetics and Equilibrium Studies. *Health Scope*, 2, 136–144.  
<https://doi.org/10.17795/jhealthscope-12492>
- Ecopreneur. (n.d.). <https://www.ecopreneur.pe/wp-content/uploads/2017/09/Filtro-Prensa-Toro.pdf>
- Fan, L., Zhang, S., Zhang, X., Zhou, H., Lu, Z., & Wang, S. (2015). Removal of arsenic from simulation wastewater using nano-iron/oyster shell composites. *Journal of Environmental Management*, 109–114. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2015.03.044>
- Food and Agriculture Organization. (n.d.). *Identificación y Valoración de impactos*.  
<http://www.fao.org/3/V9727S/v9727s0a.htm>
- Food and Agriculture Organization. (2018). *Cultured Aquatic Species Information Programme Penaeus Vannamei*.
- Fritsch- international. (2020). <https://www.fritsch-international.com/sample-preparation/milling/disk-mills/details/product/pulverisette-9/>
- Gunt Hamburg. (n.d.). *Ingeniería de procesos térmicos - absorción y adsorción*.  
[https://www.gunt.de/images/download/absorption\\_spanish.pdf](https://www.gunt.de/images/download/absorption_spanish.pdf)
- Hassan A., H. R. (2017). Chitosan/nanohydroxyapatite composite based scallop shells as an efficient adsorbent for mercuric ions: static and dynamic adsorption studies. *Biological Macromolecules*, 507–516. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2017.12.094>

- Hossain, M., & Iqbal, A. (2014). Production and characterization of chitosan from shrimp waste. *Journal of the Bangladesh Agricultural University*.  
<https://doi.org/10.3329/jbau.v12i1.21405>
- HUADA CN. (2020). <https://es.pharma-equipment.com/sh-series-mezcladora-de-polvo>
- Instituto Nacional de Estadística e Informática. (2019). *Anuario de Estadísticas Ambientales 2019*.
- Instituto Nacional de Estadística e Informática. (2018). *Producto Bruto Interno por departamentos 2018*.
- Instituto Nacional de Estadística e Informática. (2018). *PBI de los departamentos, según actividades económicas 2018*.
- Instituto Nacional de Estadística e Informática. (2018). *Evolución de la pobreza monetaria 2018*.
- Kossodo. (2020). <http://www.kossodo.com/productos/estufas-de-conveccion-forzada-binder/181/#>
- Lalaleo Córdova, L. (2010). *Desarrollo de un método para la obtención de quitosano a partir de caparzones de camarón (Penaeus vannamei), utilizando un agente reductor químico* [Universidad Técnica de Ambato].  
[http://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/1093/3/BQ1 Ref. 3332.pdf](http://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/1093/3/BQ1_Ref_3332.pdf)
- Lampadia. (2017). *Perú: país de oportunidades*.  
<https://www.lampadia.com/analisis/infraestructuras/peru-pais-de-oportunidades/>
- Liu, Y., Sun, C., Xu, J., & Li, Y. (2009). The use of raw and acid-pretreated bivalve mollusk shells to remove metals from aqueous solutions. *Journal of Hazardous Materials*, 156–162. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2009.02.009>
- Mahmoud, N. S., Ghaly, A. E., & Arab, F. (2007). Unconventional Approach for Demineralization of Deproteinized Crustacean Shells for Chitin Production. *American Journal of Biochemistry and Biotechnology*, 1–9.  
<https://doi.org/10.3844/ajbbsp.2007.1.9>
- Ministerio de Energía y Minas. (2019). *Perú: País líder de los metales del futuro*.
- Ministerio de la Producción. (2018). *Anuario Estadístico Pesquero y Acuicola 2017*.
- Muhammed Tijani, I. (2014). Kinetics of Demineralization of Shrimp Shell using Lactic Acid. *Leonardo Electronic Journal of Practices and Technologies*, 13–22.

- O. P. Gbenebor, S. O. Adeosun, A. A. A. & C. A. (2018). Organic and mineral acid demineralizations: effects on crangon and *Liocarcinus vernalis* – sourced biopolymer yield and properties. *Journal of Taibah University for Science*, 837–845. <https://doi.org/10.1080/16583655.2018.1525845>
- Pereira Guanuche, Freddy Alberto; Cedeño Sares, Luis Alberto; Romerosa Nieves, Antonio Manuel; Matamoros Morales, M. A. (2017). <http://investigacion.utmachala.edu.ec/proceedings/index.php/utmach/article/view/148>
- Piqué, Teresa M.; Vásquez, A. (2012). Uso de espectroscopía infrarroja con transformada de fourier (FTIR) en el estudio de la hidratación del cemento. *Concreto y Cemento. Investigación y Desarrollo*, 62–71.
- Rama Raju, D. Sai Seetha; Nageswara Rao, V.; Rajendra Prasad, P.; Chitti Babu, N. (2012). Sorption of lead (II) ions from wastewater using carica papaya leaf powder. *International Journal of Engineering Science & Advanced Technology*, 1577–1581. [https://www.ijesat.org/Volumes/2012\\_Vol\\_02\\_Iss\\_06/IJESAT\\_2012\\_02\\_06\\_04.pdf](https://www.ijesat.org/Volumes/2012_Vol_02_Iss_06/IJESAT_2012_02_06_04.pdf)
- Ramirez, Miguel A.; Rodriguez, Aida T.; Alfonso, Luis; Peniche, C. (2010). La quitina y sus derivados, biopolímeros con potencialidades de aplicación agrícola. *Bioteología Aplicada*, 270–276.
- Ramón de los Santos, Candelario; Barajas Fernández, Juan; Pérez Hernández, Germán; Hernández Rivera, Miguel Angel; Diaz Flores, L. L. (2018). Adsorción de cobre (II) y cadmio (II) en suspensiones acuosas de CaCO<sub>3</sub> biogénico nanoestructurado. *Boletín de La Sociedad Española de Cerámica y Vidrio*, 2–13. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.bsecv.2018.05.003>
- Ricci Nicomel, Nina; Leus, Karen; Folens, Karel; Van Der Voort, Pascal; Du Laing, G. (2015). Technologies for Arsenic Removal from Water: Current Status and Future Perspectives. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. <https://doi.org/10.3390/ijerph13010062>
- SamyCS. (2020). [http://www.samyCS.com/Planetary\\_ball\\_mill\\_and\\_glove\\_box/Planetary\\_ball\\_mill/](http://www.samyCS.com/Planetary_ball_mill_and_glove_box/Planetary_ball_mill/)
- Schiffman, Jessica D.; Stulga, Laura A.; Schauer, C. L. (2009). Chitin and chitosan: Transformations due to the electrospinning process. *Polymer Engineering and Science*, 1918–1928.
- Setoguchi, T., Kato, T., Yamamoto, K., & Kadokawa, J. (2012). Facile production of chitin from crab shells using ionic liquid and citric acid. *International Journal of Biological Macromolecules*, 861–864. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2011.11.007>
- Shahidi, F., & Synowiecki, J. (1991). Isolation and characterization of nutrients and value-added products from snow crab (*Chionoecetes opilio*) and shrimp (*Pandalus borealis*)

processing discards. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 1527–1532.  
<https://doi.org/10.1021/jf00008a032>

Shahidi, F., Arachchi, J. K. V., & Jeon, Y.-J. (1999). Food applications of chitin and chitosans. *Trends in Food Science & Technology*, 37–51.  
[https://doi.org/10.1016/s0924-2244\(99\)00017-5](https://doi.org/10.1016/s0924-2244(99)00017-5)

Sophia, M., & Sakthieswaran, N. (2019). Waste Shell Powders as Valuable Bio- Filler in Gypsum Plaster – Efficient Waste Management Technique by Effective Utilization. *Journal of Cleaner Production*. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.02.119>

Toption. (2020). <https://www.toption-china.com/products/glass-reactor/>

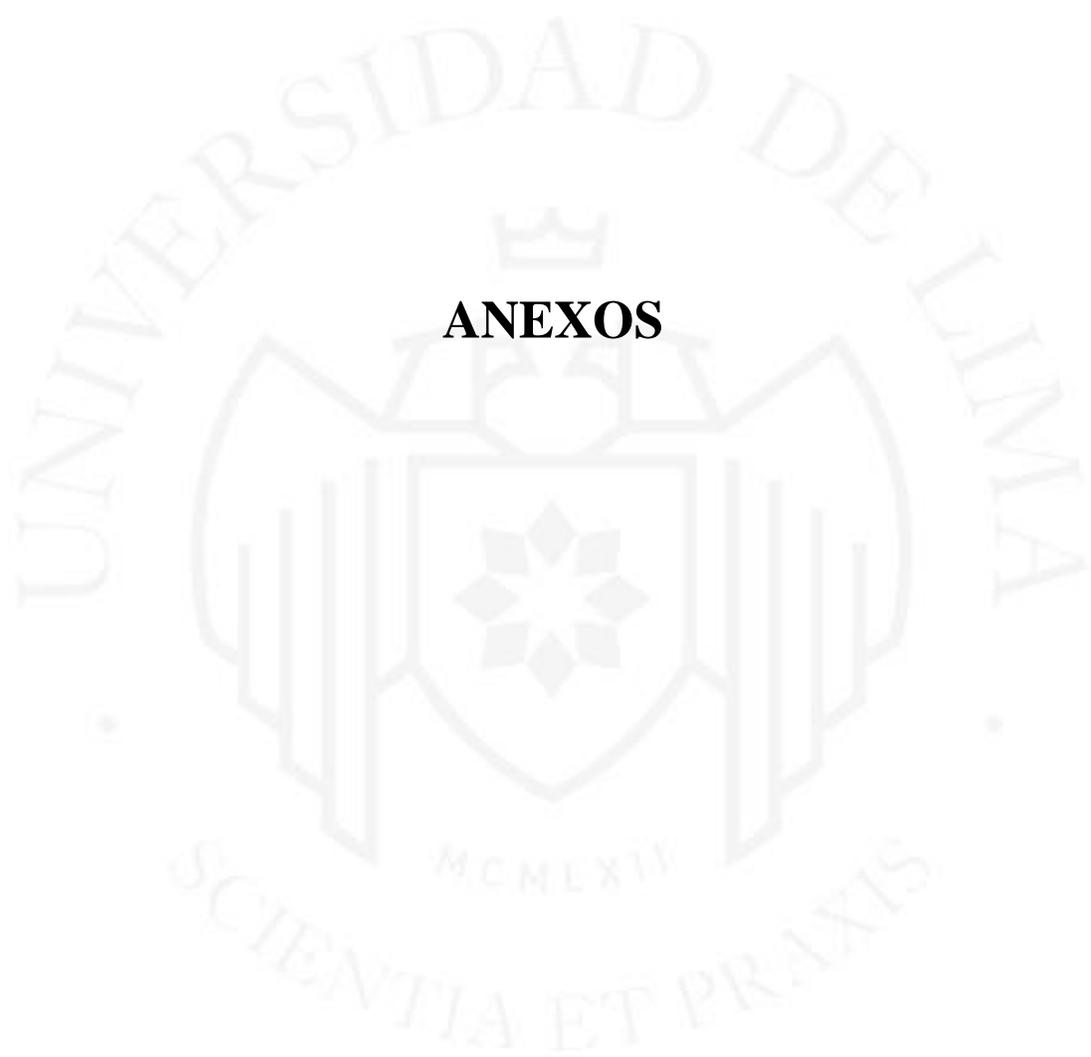
Universidad Politécnica de Valencia. (2014).  
<https://www.youtube.com/watch?v=o1UVmG0cNLo>

Valdez-Peña, A. U., Espinoza-Perez, J. D., Sandoval-Fabian, G. C., Balagurusamy, N., Hernandez-Rivera, A., De-la -Garza-Rodriguez, I. M., & Contreras-Esquivel, J. C. (2010). Screening of industrial enzymes for deproteinization of shrimp head for chitin recovery. *Food Science and Biotechnology*, 553–557. <https://doi.org/10.1007/s10068-010-0077-z>

Weerasooriyagedra, Madara & Kumar, S. (2018). A review of utilization of Mollusca Shell for the removal of contaminants in industrial waste wáter. *International Journal of Scientific and Research Publications*, 282–287.

Yaohao, Dun; Yongqiang, Li; Jiahui, Xu; Yuanliang, Hu; Changyi, Zhang; Yunxiang, Liang; Shumiao, Z. (2018). Simultaneous fermentation and hydrolysis to extract chitin from crayfish shell waste. *Biological Macromolecules*, 420–426.  
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2018.11.088>

Younes, Islem; Ghorbel- Bellaaj, Olfa; Nasri, Rim; Chaabouni, Moncef; Rinaudo, Marguerite; Nasri, M. (2012). Chitin and chitosan preparation from shrimp shells using optimized enzymatic deproteinization. *Process Biochemistry*, 2032–2039.  
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.procbio.2012.07.017>



## **ANEXOS**

## Anexo 1: Protocolo para medir actividad enzimática

1. Para preparar el Buffer: Glicina – NaOH:

Preparar en fiola de 100 ml, 0,75 g de glicina de acuerdo a la fórmula:

$0,1L * 0,200 \text{ mol glicina/L} * 75,07 \text{ g/1mol} = 1,50 \text{ g de Glicina en fiola de 100 ml}$

Colocar en un vasito la solución para luego aumentar el PH a 10 con NaOH

Para preparar NaOH: 0,1 mol

$0.1 \text{ L} * 0.200 \text{ mol NaOH/L} * 40 \text{ g/ 1mol} = 0.80 \text{ g de NaOH en Fiola de 100 ml}$

Entonces ya teniendo la glicina y el NaOH preparados, se va agregando con una pipeta el NaOH a la solución de Glicina hasta aumentar el PH a 10.

Cuando ya se ha obtenido el PH 10 en la solución de Glicina se puede decir que ya se ha obtenido el Buffer deseado.

2. Para preparar la azoproteína (azocaseína):

Disolver 2% w/v de azoproteína en 100 mM (0,100 mol) de buffer

Por ejemplo, si el volumen que se quiere preparar de azoproteína es 10 ml=V, la fórmula para obtener la masa es:  $2/100 * 10 = 0,2 \text{ g de azocaseína} = W$

Entonces pesar 0,2 g de azocaseína y disolver en 10 mililitros de buffer, colocar una pastilla y agitar para que se disuelva completamente.

Colocar en ependorfs para centrifugar a 12 000 g por 10 min y trabajar con el sobrenadante.

3. Para preparar NaOH 0.1 mol/L en 50 ml

Seguir la siguiente formula:

$0,1 \text{ mol/L} * 40 \text{ g/mol} * L / 1000 \text{ ml} * 50 \text{ ml} = 0,2 \text{ g de NaOH en fiola de 50 ml}$

4. Para preparar la enzima Alcalasa

Disolver 50 mg de enzima en 2 ml de agua ultra pura. Siempre apuntar el peso de la enzima (cuando no se pese exactamente 50 mg).

### **Protocolo para medir actividad enzimática**

- Colocar en cada tubo Eppendorf 250 microlitros de sustrato (azoproteína)
- Colocar el agua ultra pura, en diferentes proporciones de 30, 20, 10 y 0  $\mu\text{l}$ , respectivamente.
- Colocar la enzima en diferentes proporciones de 10, 20, 30 y 40  $\mu\text{l}$  en cada muestra y sus duplicados. No colocar en los blancos.
- Incubar por 30 minutos a 25 °C en baño María
- Agregar 1 200  $\mu\text{l}$  de TCA (ácido tricloroacético). La función del TCA es detener la acción de la enzima.
- Colocar la enzima a los blancos en diferentes proporciones de 10, 20, 30 y 40  $\mu\text{l}$ , respectivamente.
- Centrifugar todos los Eppendorfs a 8 000 g por 5 minutos
- Extraer hacia una cubeta 1,2 ml de solución y colocar 1,4 ml de NaOH. Agitar y medir absorbancia con una longitud de onda de 400 nm.

Nota 1: Una unidad es la cantidad de enzima que produce un aumento de una 1 U de absorbancia PH 10, T=25 °C y 30 minutos de incubación.

Nota 2: En la primera medición de actividad enzimática se obtuvo 0,8137 U. Es decir 1 mg de Enzima= 0,8137 U.

Nota 3: Medir cada mes actividad enzimática

## Anexo 2: Estudio de mercado

### Análisis de la demanda:

Para hallar la demanda del proyecto se parte de las importaciones de carbón activado en el Perú, se busca desplazar un porcentaje acumulado de un grupo de países que tienen la menor participación. Se analiza el mercado de carbón activado debido a que es el principal sustituto y por lo mismo el principal producto con el que se competiría en el mercado. En la siguiente tabla se muestra el total de importaciones desde el año 2009 al 2019.

Importaciones de carbón activado en el Perú, real (2009-2019)

Año	Peso Neto (Kilos)	Valor CIF (dólares)
2009	2 845 105,08	4 726 044,48
2010	2 130 540,15	4 073 944,98
2011	2 471 721,78	4 919 354,05
2012	2 801 012,65	6 887 962,03
2013	3 276 923,89	7 473 975,19
2014	4 443 159,05	7 518 802,29
2015	6 665 891,73	10 849 706,94
2016	7 042 693,54	10 720 258,85
2017	5 436 472,16	7 721 920,05
2018	8 102 994,52	11 752 119,09
2019	6 038 974,85	9 031 083,16

Se puede observar que durante este periodo de 10 años las importaciones de carbón activado han tenido un crecimiento promedio de 11%, entonces conociendo esta información se procede a proyectar hacia el 2025 como se observa en la siguiente tabla.

Importaciones de carbón activado en el Perú, proyección (2020-2025)

Año	Peso Neto (Kilos)	Valor CIF (dólares)
2020	6 722 881,39	11 237 508,80
2021	7 484 239,51	12 510 142,97
2022	8 331 820,50	13 926 901,40
2023	9 275 389,02	15 504 106,00
2024	10 325 815,51	17 259 927,10
2025	11 495 201,52	19 214 592,80

A continuación, se presenta una tabla con la relación de países a quienes se propone desplazar del mercado debido a sus bajas participaciones en las importaciones totales.

Países con baja participación en las importaciones

País	% de Importación en Perú
Suiza	0,221285%
Alemania	0,082016%
Arabia Saudita	0,042922%
Montenegro	0,029265%
Francia	0,021673%
Italia	0,021534%
Argentina	0,018950%
Ecuador	0,011683%
España	0,009193%
Chile	0,007881%
Corea del Sur	0,002956%
Bélgica	0,002013%
Dinamarca	0,001951%
Canadá	0,001276%
Taiwán-República de China	0,000221%
Republica Checa	0,000120%
Polonia	0,000118%
Eslovaquia	0,000072%
Singapur	0,000016%
Japón	0,000009%
Irlanda	0,000001%
Rumanía	0,000001%
<b>Total</b>	<b>0,475157%</b>

Entonces la demanda potencial del proyecto se hallará de la siguiente manera:

$$Demanda\ del\ proyecto = importación\ proyectada \times 0,475157\%$$

Demanda del proyecto

Año	Importaciones (Kg)	Demanda del proyecto (Kg)
2020	6 722 881,39	31 945
2021	7 484 239,51	35 562
2022	8 331 820,50	39 590
2023	9 275 389,02	44 073
2024	10 325 815,51	49 064
2025	11 495 201,52	54 621

Se observa que hasta el año 2025, la demanda máxima del proyecto es de 54 621 Kg/año o 1 051 Kg/semana o 176 Kg/día (considerando 52 semanas al año y 6 días laborables por semana).

**Análisis de precios:**

Los precios de referencia son los asignados para el carbón activado en diversas presentaciones.

Precios de carbón activado

Marca	Procedencia	Descripción y costo unitario	Precio (S./Kg)
BOYU	China	Carbón activado en pellets para filtro de acuarios, presentación en caja de 500 gr. Costo unitario: 22 S/.	44,00
FLUVAL	EEUU	Carbón activado en polvo para filtro de acuarios, presentación en caja de 900 gr. Costo unitario: 95 S/.	105,56
DYMAX	China	Carbón activado en pellets para filtro de acuarios, presentación en caja de 240 gr. Costo unitario: 27 S/.	112,50
Aquapapa	EEUU	Carbón activado en gránulos para filtro de acuarios, presentación en bolsa de 2,92 Kg. Costo unitario: 373,42 S/.	127,88
CARBOMEC ULTRA	Alemania	Carbón activado en pellets para filtro de acuarios, presentación en caja de 400 gr. Costo unitario: 65 S/.	162,50
Aquatic Experts	EEUU	Carbón activado en gránulos para filtro de acuarios, presentación en frasco de 1,35 Kg. Costo unitario: 255,85 S/.	189,52
API	EEUU	Carbón activado en gránulos para filtro de acuarios, presentación en caja de 624 gr. Costo unitario: 125 S/.	200,32

## Anexo 3: Localización de planta

### Procedencia de materia prima:

Para el proyecto de investigación se tiene como principal proveedor de cabezas de langostinos a la empresa Atisa Perú la cual está ubicada en Calle Los Rosales Mz A Lt 1 Urb. Huertos de Pachacamac – Lurín. El suministro de la goma de tara estará a cargo de Molinos Asociados MASAC ubicada en el distrito de Calle 2 Manzana N, Lote 4 y 5 Las Vertientes - Villa El Salvador. Considerando estas dos ubicaciones se propone que las conchas de abanico tengan como procedencia el terminal pesquero de Villa María del Triunfo. Se escoge este terminal debido a que se busca que la planta de producción esté localizada en un punto céntrico para los tres orígenes de la materia prima.

### Localización de planta:

Debido a que todos los proveedores de las materias primas se encuentran en Lima, se ha elegido este departamento como macro localización del proyecto. La micro localización se analizará considerando tres distritos que tienen una alta concentración de actividad industrial y presentan cercanía a las materias primas: Villa El Salvador, Ate y Lurín. El precio del terreno es un factor muy importante para decidir donde instalar la fábrica por lo que a continuación se presenta una tabla con los precios en los tres distritos antes mencionados.

Precio de venta de terreno industrial (\$/m<sup>2</sup>)

Distrito	Precio de Venta (\$/m <sup>2</sup> )
Villa El Salvador	150-380
Ate	235-1 075
Lurín	150-350

En base a la tabla presentada se elige el distrito de Lurín debido a que el costo del terreno es el más bajo entre los tres. De aquí se parte para calcular la distancia hacia cada uno de los

proveedores de materia prima, esta distancia hallada será de utilidad para hallar el costo de transporte.

Distancia entre la planta de producción y los proveedores de materia prima (Km<sup>2</sup>)

<b>Distritos</b>	<b>Distancia (Km)</b>
Lurín-VMT	13,2
Lurín -VES	11,8
Lurín-Lurín	0



## Anexo 4: Tamaño de planta

### Relación tamaño- mercado:

Está determinado por la demanda máxima del proyecto, en este caso es la demanda proyectada del año 2025 es decir 54 620 Kg pellets/año.

### Relación tamaño- recursos:

- Disponibilidad de materia prima: De no contar con los recursos necesarios no se podría cubrir la demanda del proyecto. Si en caso se diera por terminada la alianza estratégica con los proveedores de cabezas de langostinos y de goma de tara no sería problema el abastecimiento debido a que como se muestra en la tabla siguiente la disponibilidad en el Perú de las tres materias primas puede cubrir los requerimientos del proyecto.

Requerimiento y disponibilidad de materia prima (TM)

Año	Concha de Abanico		Cabezas de Langostinos		Goma de Tara	
	Requerimiento (TM)	Disponibilidad (TM)	Requerimiento (TM)	Disponibilidad (TM)	Requerimiento (TM)	Disponibilidad (TM)
2020	21,92	13 343	223,66	59 798	0,22	3 038
2021	24,40	14 010	248,98	64 044	0,25	3 192
2022	27,16	14 711	277,18	68 591	0,28	3 355
2023	30,24	15 446	308,57	73 461	0,31	3 526
2024	33,66	16 218	343,51	78 676	0,34	3 706
2025	37,47	17 029	382,42	84 262	0,38	3 895

- Recursos económicos financieros: Con respecto a la inversión, el financiamiento será 70% y 30% de capital propio. El financiamiento se obtendrá a través de COFIDE, con una tasa efectiva anual de 7,13%.

### Relación tamaño- tecnología:

Esta relación está determinada por la capacidad de planta que es 33 317 Kg pellets/año, hallada por el cuello de botella en el anexo 5.

### Punto de equilibrio:

Para determinar el tamaño mínimo del proyecto, se debe analizar el punto de equilibrio, en donde los ingresos percibidos se igualan a los costos incurridos, asumiendo que todo lo que se produce es vendido. En este sentido, el tamaño mínimo corresponde a la siguiente ecuación:

$$Q_{eq} = \frac{CF}{PV_{unitario} - CVariable_{unitario}}$$

A continuación, se muestra una tabla donde se despliegan los costos fijos y el costo variable unitario.

	2020	2021	2022	2023	2024	2025
Demanda (Kg)	31 945,00	35 562,00	39 590,00	44 073,00	49 064,00	54 621,00
Materia prima/insumos	807 103,08	898 492,04	1 000 226,47	1 113 487,83	1 239 544,56	1 379 931,73
<b>Costo Variable Total (S/.)</b>	<b>807 103,08</b>	<b>898 492,04</b>	<b>1 000 226,47</b>	<b>1 113 487,83</b>	<b>1 239 544,56</b>	<b>1 379 931,73</b>
<b>Costo Variable unitario (S./Kg)</b>	<b>25,27</b>	<b>25,27</b>	<b>25,26</b>	<b>25,26</b>	<b>25,26</b>	<b>25,26</b>
Mano de obra	78 120,00	78 120,00	78 120,00	78 120,00	78 120,00	78 120,00
Depreciación de maquinas	12 440,70	12 440,70	12 440,70	12 440,70	12 440,70	12 440,70
Servicios	21 307,92	21 307,92	21 307,92	21 307,92	21 307,92	21 307,92
<b>Costo Fijo Total (S/.)</b>	<b>111868,62</b>	<b>111 868,62</b>	<b>111 868,62</b>	<b>111 868,62</b>	<b>111 868,62</b>	<b>111,868.62</b>

Elaboración propia

Considerando la información anterior y el precio unitario de 36 S/. por kilogramo de pellets se obtiene el punto de equilibrio:

$$Q_{eq} = \frac{111\,868,62}{36 - 25,27} = 10\,425,78$$

### Selección del tamaño de planta:

Se concluye que el tamaño de planta está limitado por la relación tamaño- tecnología con 33 317 Kg pellets/año.

### Evaluación del tamaño de planta

<b>Relación</b>	<b>Tamaño de planta</b>
Tamaño- mercado	54 620 Kg pellets/año
Tamaño- recursos	No es limitante
Tamaño- tecnología	33 317 Kg pellets/año
Tamaño- punto de equilibrio	10 425,78 Kg pellets/año

Elaboración propia



## Anexo 5: Ingeniería del Proyecto

### Número de operarios y maquinaria:

La fórmula que nos permitirá hallar el número de máquinas y operarios es la siguiente:

$$N = \frac{P \times T}{F \times H}$$

Donde:

N= número de máquinas

P= producción total requerida (unid/periodo) = P= D/(1-f)

f= fracción de defectuosos en la producción

T= tiempo estándar por unidad

F= factores (U\*E)

H= número de horas reales

### Calculo del número de máquinas

Balanza	=	$\frac{3\,938,90 \text{ Kg.lang/CA/GT}}{\text{Sem.}} \times \frac{1 \text{ hora-std.}}{600 \text{ Kg.}}$	=	$\frac{0,8 \text{ HE}}{\text{HP}} \times 0,88 \frac{\text{HP}}{\text{HR}} \times 9 \frac{\text{HR}}{\text{día}} \times 6 \frac{\text{días}}{\text{Sem.}} = 0,17 = 1$
Licuadora	=	$\frac{3\,517,59 \text{ Kg. langostinos}}{\text{Sem.}} \times \frac{1 \text{ hora-std.}}{100 \text{ Kg.}}$	=	$\frac{0,8 \text{ HE}}{\text{HP}} \times 0,88 \frac{\text{HP}}{\text{HR}} \times 9 \frac{\text{HR}}{\text{día}} \times 6 \frac{\text{días}}{\text{Sem.}} = 0,93 = 1$
Reactor	=	$\frac{7\,952,38 \text{ Kg. langostinos}}{\text{Sem.}} \times \frac{3 \text{ hora-std.}}{200 \text{ Kg.}}$	=	$\frac{0,8 \text{ HE}}{\text{HP}} \times 0,88 \frac{\text{HP}}{\text{HR}} \times 9 \frac{\text{HR}}{\text{día}} \times 6 \frac{\text{días}}{\text{Sem.}} = 3,14 = 4$
Filtro prensa	=	$\frac{4\,339,30 \text{ Kg. langostinos}}{\text{Sem.}} \times \frac{1 \text{ hora-std.}}{150 \text{ Kg.}}$	=	$\frac{0,8 \text{ HE}}{\text{HP}} \times 0,88 \frac{\text{HP}}{\text{HR}} \times 9 \frac{\text{HR}}{\text{día}} \times 6 \frac{\text{Días}}{\text{Sem.}} = 0,76 = 1$
Estufa	=	$\frac{1\,442,33 \text{ Kg.Lang/CA/GT}}{\text{Sem.}} \times \frac{1 \text{ hora-std.}}{257 \text{ Kg.}}$	=	$\frac{0,8 \text{ HE}}{\text{HP}} \times 0,88 \frac{\text{HP}}{\text{HR}} \times 9 \frac{\text{HR}}{\text{día}} \times 6 \frac{\text{días}}{\text{Sem.}} = 0,15 = 1$
Lavadora	=	$\frac{5\,612,16 \text{ Kg. Concha Ab}}{\text{Sem.}} \times \frac{1 \text{ hora-std.}}{800 \text{ Kg.}}$	=	$= 0,18 = 1$

		$0,8 \frac{HE}{HP} \times 0,88 \frac{HP}{HR} \times 9 \frac{HR}{\text{día}} \times 6 \frac{\text{días}}{\text{Sem.}}$	
Tina de Lavado	=	$2\ 813,42 \frac{\text{Kg. Concha Ab}}{\text{Sem.}} \times \frac{1 \text{ hora-std.}}{110 \text{ Kg.}}$	
		$0,8 \frac{HE}{HP} \times 0,88 \frac{HP}{HR} \times 9 \frac{HR}{\text{día}} \times 6 \frac{\text{días}}{\text{Sem.}} = 0,67 = 1$	
Trituradora de mandibula	=	$361,76 \frac{\text{Kg. Concha Ab}}{\text{Sem.}} \times \frac{1 \text{ hora-std.}}{10 \text{ Kg.}}$	
		$0,8 \frac{HE}{HP} \times 0,88 \frac{HP}{HR} \times 9 \frac{HR}{\text{día}} \times 6 \frac{\text{días}}{\text{Sem.}} = 0,95 = 1$	
Tamiz	=	$687,34 \frac{\text{Kg. Concha Ab}}{\text{Sem.}} \times \frac{1 \text{ hora-std.}}{20 \text{ Kg.}}$	
		$0,8 \frac{HE}{HP} \times 0,88 \frac{HP}{HR} \times 9 \frac{HR}{\text{día}} \times 6 \frac{\text{días}}{\text{Sem.}} = 0,90 = 1$	
Molino de discos	=	$361,76 \frac{\text{Kg. Concha Ab}}{\text{Sem.}} \times \frac{1 \text{ hora-std.}}{30 \text{ Kg.}}$	
		$0,8 \frac{HE}{HP} \times 0,88 \frac{HP}{HR} \times 9 \frac{HR}{\text{día}} \times 6 \frac{\text{días}}{\text{Sem.}} = 0,32 = 1$	
Pulverizador	=	$343,67 \frac{\text{Kg. Concha Ab}}{\text{Sem.}} \times \frac{1 \text{ hora-std.}}{50 \text{ Kg.}}$	
		$0,8 \frac{HE}{HP} \times 0,88 \frac{HP}{HR} \times 9 \frac{HR}{\text{día}} \times 6 \frac{\text{días}}{\text{Sem.}} = 0,18 = 1$	
Molino de bolas	=	$791,84 \frac{\text{Kg.Lang/CA}}{\text{Sem.}} \times \frac{1 \text{ hora-std.}}{40 \text{ Kg.}}$	
		$0,8 \frac{HE}{HP} \times 0,88 \frac{HP}{HR} \times 9 \frac{HR}{\text{día}} \times 6 \frac{\text{días}}{\text{Sem.}} = 0,52 = 1$	
Tanque de mezclado	=	$614,31 \frac{\text{Kg.Lang/CA/GT}}{\text{Sem.}} \times \frac{1 \text{ hora-std.}}{80 \text{ Kg.}}$	
		$0,8 \frac{HE}{HP} \times 0,88 \frac{HP}{HR} \times 9 \frac{HR}{\text{día}} \times 6 \frac{\text{días}}{\text{Sem.}} = 0,20 = 1$	
Peletizador	=	$614,31 \frac{\text{Kg. Mezcla}}{\text{Sem.}} \times \frac{1 \text{ hora-std.}}{75 \text{ Kg.}}$	
		$0,8 \frac{HE}{HP} \times 0,88 \frac{HP}{HR} \times 9 \frac{HR}{\text{día}} \times 6 \frac{\text{días}}{\text{Sem.}} = 0,22 = 1$	
Dosificadora y empacadora	=	$614,31 \frac{\text{Kg. Pellets}}{\text{Sem.}} \times \frac{1 \text{ hora-std.}}{1\ 800 \text{ Kg.}}$	
		$0,8 \frac{HE}{HP} \times 0,88 \frac{HP}{HR} \times 9 \frac{HR}{\text{día}} \times 6 \frac{\text{días}}{\text{Sem.}} = 0,01 = 1$	
Etiquetadora	=	$614,31 \frac{\text{Kg. Pellets}}{\text{Sem.}} \times \frac{1 \text{ hora-std.}}{900 \text{ Kg.}}$	
		$0,8 \frac{HE}{HP} \times 0,88 \frac{HP}{HR} \times 9 \frac{HR}{\text{día}} \times 6 \frac{\text{días}}{\text{Sem.}} = 0,02 = 1$	

\*Año de referencia 2020

Luego de identificar el número de máquinas necesario para el proceso, se calcula el número de operarios en promedio que se necesitará para la operación de los equipos.

#### Número de operarios

<b>Equipo</b>	<b>N° de operarios</b>
Balanza Industrial	
Licuadora	2
Reactor	
Filtro Prensa	
Estufa	
Lavadora	
Tina de Lavado	2
Trituradora de mandíbula	
Tamiz	
Molino de discos	
Pulverizador	2
Molino de bolas	
Tanque de mezclado	
Peletizador	
Dosificadora y empacadora	1
Etiquetadora	
<b>Total</b>	<b>7</b>

#### **Cuello de botella de la línea de producción:**

Es la operación que requiere más tiempo en todo el ciclo productivo. Para este proyecto la operación de trituración de conchas de abanico es el proceso que demanda mayor tiempo debido a que la trituradora de mandíbulas tiene la menor capacidad entre todas las demás máquinas. Para hallar el cuello de botella se ha utilizado el método de “Calculo de capacidad para un sistema de producción continuo (un solo producto)” que comprende de los siguientes elementos:

### Descripción de elementos del Cálculo de la Capacidad Instalada

Elemento	Descripción
<b>Q.e</b>	Cantidad entrante al proceso según el balance de materia
<b>Q.s</b>	Cantidad saliente de producto terminado según balance de materia
<b>P</b>	Producción por hora de maquinaria u operario (h- std.)
<b>M</b>	Número actual de máquinas u operarios
<b>D/S</b>	Días por semana
<b>HR/T</b>	Horas reales por turno
<b>T</b>	Turnos por día
<b>U</b>	Factor de utilización (HP/HR)
<b>E</b>	Factor de eficiencia (HE/HP)
<b>CPOi</b>	Capacidad de producción de cada operación= $P*M*D/S*HR/T*T*U*E$
<b>Qs/Qe</b>	Factor de Conversión = Q salida producto final /Q entra al proceso

#### Factor de utilización (U):

Este factor considera la desviación existente entre el número de horas reales y el número de horas productivas. El número de horas reales (NHR) toma en cuenta el tiempo entre la hora de ingreso y salida del personal en cada turno, mientras que las horas productivas (NHP)<sup>1</sup> resultan de descontar el tiempo de refrigerio:

$$Utilización (U) = \frac{NHP}{NHR} = \frac{9 - 1}{9} = 0,88$$

#### Factor de eficiencia (E):

Se tomará una eficiencia de 80%.

Algunas máquinas se utilizarán para procesar tanto los langostinos como las conchas de abanico y los pellets, entre estas se encuentran: la balanza, la estufa, el molino de bolas.

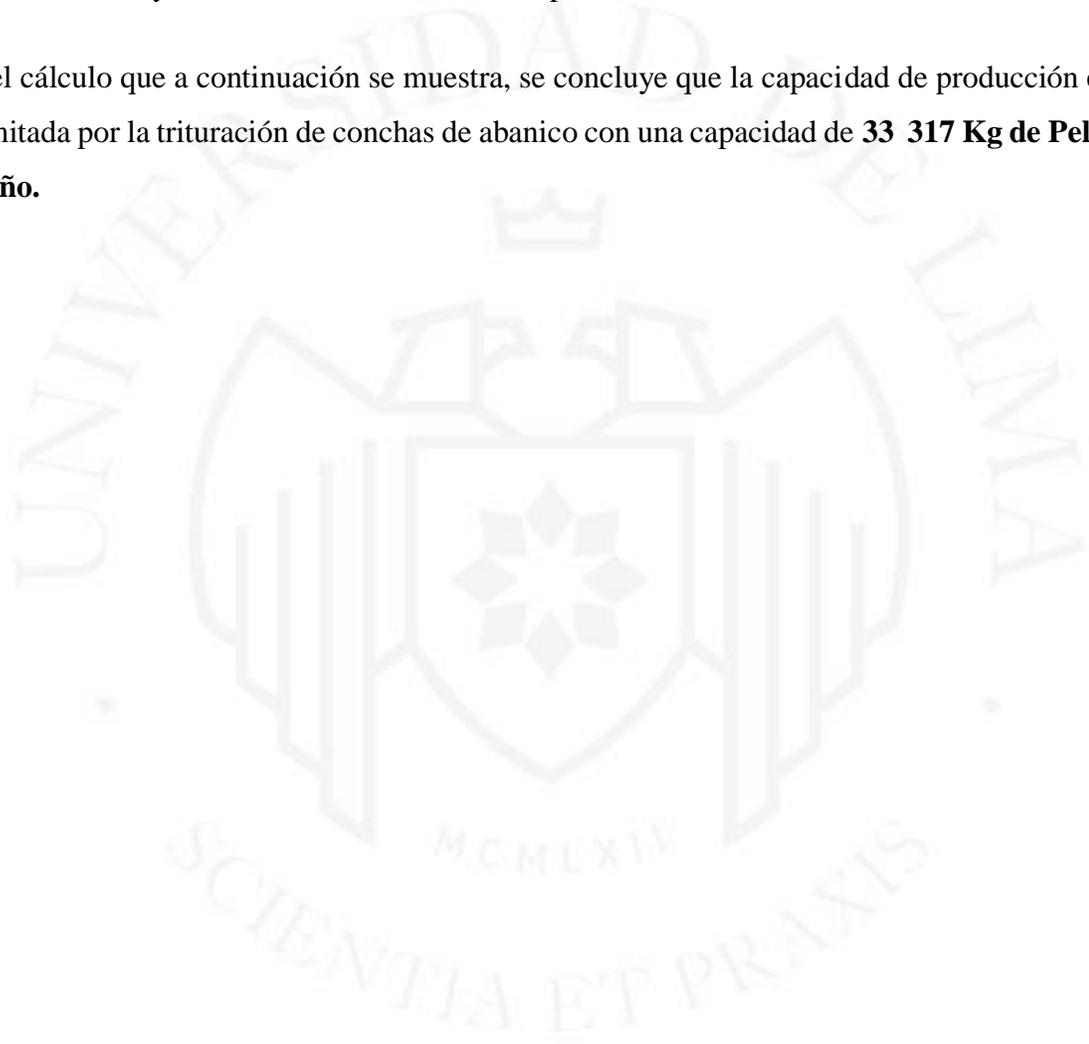
En el caso de la balanza, se ha considerado hallar la máxima capacidad de pesado con la entrada de langostinos debido que a comparación de las conchas de abanico y la goma de tara, representa el mayor peso.

<sup>1</sup> Para el cálculo del NHP se está considerando un refrigerio de 1 hora

En el caso de la estufa, se ha hallado la máxima capacidad de secado con la entrada de pellets, debido a que representa la mayor cantidad comparado con la cantidad de langostinos y polvo de conchas de abanico.

En el caso del molino de bolas, se ha hallado la máxima capacidad de molienda con la entrada en conjunto de los langostinos y el polvo de conchas de abanico, porque esta entrada resulta ser mayor a la entrada únicamente de polvo de conchas.

Del cálculo que a continuación se muestra, se concluye que la capacidad de producción está limitada por la trituración de conchas de abanico con una capacidad de **33 317 Kg de Pellets / año.**



Entrada de Referencia	Proceso	Qe (Kg)	P (Kg/hr.)	M	D/S	HR/T	T	U	E	CPOi	Qs/Qe	Cap. Prod. (Kg/Sem.)	Cap. Prod. (Kg/ Año)
Langostinos	Pesar	3 517,59	600	1	6	9	1	0,880	0,8	22 810	0 17	3 983	207 140
Langostinos	Licuar	3 517,59	100	1	6	9	1	0,880	0,8	3 802	0 17	664	34 523
Langostinos	Hidrolisis	4 489,29	66,67	2	6	9	1	0,880	0,8	5 069	0 14	694	36 070
Langostinos	Filtrar 1	3 517,59	150	1	6	9	1	0,880	0,8	5 702	0 17	996	51 785
Langostinos	Desmineralizar	3 463,09	66,67	2	6	9	1	0,880	0,8	5 069	0 18	899	46 758
Langostinos	Filtrar 2	821,71	150	1	6	9	1	0,880	0,8	5 702	0 75	4 263	221 682
Pellets	Secar	614,31	257	1	6	9	1	0,880	0,8	9 770	1 00	9 770	508 046
Conchas de abanico	Lavado 1	2 808,81	800	1	6	9	1	0,880	0,8	30 413	0 22	6 652	345 880
Conchas de abanico	Lavado 2	2 816,15	800	1	6	9	1	0,880	0,8	30 413	0 22	6 634	344 978
<b>Conchas de abanico</b>	<b>Triturar</b>	<b>364,49</b>	<b>10</b>	<b>1</b>	<b>6</b>	<b>9</b>	<b>1</b>	<b>0,880</b>	<b>0,8</b>	<b>380</b>	<b>1 69</b>	<b>641</b>	<b>33 317</b>
Conchas de abanico	Tamizar (2.36mm)	364,49	20	1	6	9	1	0,880	0,8	760	1 69	1 281	66 635
Conchas de abanico	Moler (m discos)	364,49	30	1	6	9	1	0,880	0,8	1 140	1 69	1 922	99 952
Conchas de abanico	Pulverizar	346,26	50	1	6	9	1	0,880	0,8	1 901	1 77	3 372	175 358
Langostinos/CA	Moler (m bolas)	468,72	40	1	6	9	1	0,880	0,8	1 521	1 31	1 993	103 634
Langostinos/CA/GT	Mezclar	614,31	80	1	6	9	1	0,880	0,8	3 041	1 00	3 041	158 147
Langostinos/CA/GT	Peletizar	614,31	75	1	6	9	1	0,880	0,8	2 851	1 00	2 851	148 262
Pellets	Empaquetar	614,31	1800	1	6	9	1	0,880	0,8	68 429	1 00	68 429	3 558 298
Pellets	Etiquetar	614,31	900,00	1	6	9	1	0,880	0,8	34 214	1 00	34 214	1 779 149

Cantidad de pellets (Kg)\*

614,31

31 944

\* Año de referencia 2020

### Requerimiento de materia prima, insumos y otros materiales:

Para hallar el requerimiento de conchas de abanico, cabezas de langostino y goma de tara se utilizará los siguientes datos: la proporción de 30% de quitina y 70% de polvo de concha de abanico para formar el 100% de la parte sólida del pellet, los rendimientos de 23,36% y 17,12% en los procesos de desproteinización y desmineralización respectivamente; además el rendimiento para obtener polvo de concha de abanico que es el 90%. En la siguiente tabla se puede observar el requerimiento de materia prima para los primeros seis años del proyecto.

Requerimiento neto de materia prima

Año	Demanda del proyecto (Kg)	Requerimiento Neto		
		Concha de Abanico (Kg)	Cabezas de Langostinos (Kg)	Goma de Tara (Kg)
2020	31 945	21 915,76	223 657,94	223,62
2021	35 562	24 397,19	248 981,80	24893
2022	39 590	27 160,58	277 183,22	277,13
2023	44 073	30 236,13	308 570,25	308,51
2024	49 064	33 660,19	343 513,95	343,45
2025	54 621	37 472,55	382 420,42	382,35

Así mismo se elaboró una tabla para el requerimiento de insumos y otros materiales

Requerimiento de insumos y otros materiales

Año	Requerimiento Neto					
	Enzima Alcalasa (Kg)	NaOH (s) (Kg)	CH <sub>3</sub> COOH (L)	HCl (L)	Bolsas (unidades)	Etiquetas (unidades)
2020	111,83	3 076,10	11 240,46	578,42	31 945	31 945
2021	124,49	3 424,39	12 513,17	643,91	35 562	35 562
2022	138,59	3 812,26	13 930,50	716,85	39 590	39 590
2023	154,29	4 243,95	15 507,93	798,02	44 073	44 073
2024	171,76	4 724,55	17 264,11	888,39	49 064	49 064
2025	191,21	5 259,65	19 219,45	989,01	54 621	54 621

## Anexo 6: Aspectos económicos

### Costos directos de fabricación (Costo primo):

Dentro de los costos directos de fabricación o costos primos se encuentran los costos de materia prima, los costos de insumos y materiales directos y los costos de mano de obra directa. A continuación, se desplegará esta información.

### Costo de materia prima:

Es necesario recordar que el costo de cada materia prima es cero debido a que son un desecho, sin embargo, hay un costo de transporte desde el lugar de procedencia hasta la planta de producción que es asumido por la empresa y debe incluirse en el costo total. Para hallar el costo de transporte es necesario conocer: el origen, cuál es la capacidad de la movilidad, el costo y rendimiento del combustible y el destino. A continuación se presenta una tabla con la información necesaria.

Capacidad del camión (Kg)	850
Costo de gas (S/./galón)	6
Rendimiento de gas (Km/galón)	88,95

En el caso del proveedor de las cabezas de langostinos que se encuentra en Lurín, se localizó la dirección de la empresa Atisa Perú y está ubicada en la zona industrial, la misma donde se ubicará la planta de pellets entonces se ha asumido una distancia de 5 Km desde el proveedor a la planta. A continuación, se presenta la tabla del costo por kilogramo de cabezas de langostino.

Costo de cabezas de langostino

<b>Año</b>	<b>Kg/ Semana</b>	<b>Viajes/ semana</b>	<b>Km /viaje</b>	<b>Km total/ semana</b>	<b>Galones/ semana</b>	<b>Soles/ semana</b>	<b>Soles/ Kg</b>
2020	4 301,11	4	10	40	0,4497	2,6981	0,0006
2021	4 788,11	5	10	50	0,5621	3,3727	0,0007
2022	5 330,45	5	10	50	0,5621	3,3727	0,0006
2023	5 934,04	6	10	60	0,6745	4,0472	0,0007
2024	6 606,04	6	10	60	0,6745	4,0472	0,0006
2025	7 354,24	7	10	70	0,7870	4,7218	0,0006

Considerando 13,2 Km desde VMT a Lurín, se obtuvo la siguiente tabla para las conchas de abanico:

Costo de conchas de abanico

<b>Año</b>	<b>Kg/ Semana</b>	<b>Viajes/ semana</b>	<b>Km /viaje</b>	<b>Km total/ semana</b>	<b>Galones/ semana</b>	<b>Soles/ semana</b>	<b>Soles/ Kg</b>
2020	421,46	1	26,4	26,4	0,2968	1,7808	0,0042
2021	469,18	1	26,4	26,4	0,2968	1,7808	0,0038
2022	522,32	1	26,4	26,4	0,2968	1,7808	0,0034
2023	581,46	1	26,4	26,4	0,2968	1,7808	0,0031
2024	647,31	1	26,4	26,4	0,2968	1,7808	0,0028
2025	720,63	1	26,4	26,4	0,2968	1,7808	0,0025

Y para la goma de tara se consideró una distancia de 11,8 Km.

Costo de goma de tara

<b>Año</b>	<b>Kg/ Semana</b>	<b>Viajes/ semana</b>	<b>Km /viaje</b>	<b>Km total/ semana</b>	<b>Galones/ semana</b>	<b>Soles/ semana</b>	<b>Soles/ Kg</b>
2020	4,30	1	11,8	11,8	0,1327	0,7960	0,1851
2021	4,79	1	11,8	11,8	0,1327	0,7960	0,1663
2022	5,33	1	11,8	11,8	0,1327	0,7960	0,1494
2023	5,93	1	11,8	11,8	0,1327	0,7960	0,1342
2024	6,60	1	11,8	11,8	0,1327	0,7960	0,1205
2025	7,35	1	11,8	11,8	0,1327	0,7960	0,1083

### Costo de insumos y otros materiales:

En cuanto a los insumos se cuenta con la siguiente información de los proveedores:

Costo de Insumos

Insumo	Descripción	Proveedor	Costo
Enzima Alcalasa	En frasco de vidrio por 500 ml. Densidad: 1,25 g/ml	Merck	290 S././ frasco
NaOH	En frasco de plástico por 1 Kg.	Merck	90 S././ frasco
CH <sub>3</sub> COOH	En bidón de plástico por 25 L.	Merck	1 360 S././bidón
HCl	En frasco de 1 L.	Merck	61,95 S././frasco
Bolsa	Bolsa de polietileno por ciento	PlastPerú	3 S././ 100 unid
Etiquetas	Etiquetas impresas por ciento	Etiprés	25 S././100 unid

### Costo de mano de obra directa:

Se cuenta con la siguiente tabla donde se considera el sueldo mínimo para los operarios.

Personal	Cantidad	Salario (S/. operario)	Costo mensual(S/.)	Costo anual (S/.)
Operarios	7	930,00	6 510,00	78 120,00

### Costos indirectos de fabricación (CIF):

En los costos indirectos de fabricación se incluyen los costos por depreciación de las máquinas y los gastos por servicios (agua y energía eléctrica). A continuación, se desplegarán a detalle estos costos.

### Depreciación de máquinas:

Se presenta una tabla con el precio, vida útil y depreciación anual de las máquinas.

Equipo	Unidades	Precio unitario (S/.)	Total (S/.)	Vida Útil (años)	Depreciación Anual (S./año)
Balanza Industrial	1	630,00	630,00	8	78,75
Licuadaora	1	3 200,00	3 200,00	8	400,00
Reactor	4	6 840,00	27 360,00	12	2 280,00
Filtro Prensa	1	4 104,00	4 104,00	10	410,40
Estufa	1	6 840,00	6 840,00	10	684,00
Lavadora	1	5 130,00	5 130,00	10	513,00
Triturador	1	5 130,00	5 130,00	10	513,00
Tamiz	1	1 710,00	1 710,00	12	142,50
Molino de discos	1	1 600,00	1,600,00	8	200,00
Pulverizador	1	33 516,00	33 516,00	12	2 793,00
Molino de bolas	1	22 230,00	22 230,00	12	1 852,50
Mezcladora de polvos	1	10 602,00	10 602,00	8	1 325,25
Peletizador	1	1 539,00	1 539,00	10	153,90
Empacadora	1	7 524,00	7 524,00	10	752,40
Etiquetadora	1	3 420,00	3 420,00	10	342,00
<b>Total</b>			<b>134 535,00</b>		<b>12 440,70</b>

#### Costo de servicios:

En cuanto al consumo de energía eléctrica la tarifa para industrias según Luz del Sur<sup>2</sup> (MT4) es de 0,2758 S/.Kw-h, con un cargo fijo mensual de 5,75 S/.

<sup>2</sup> Ver Anexo 7: Pliego tarifario Luz del Sur

### Consumo de energía

Equipo	Consumo de Energía (Kw/h)	Cargo fijo mensual (S./mes)	Cargo variable (S./Kw-h)	Consumo anual (S./)
Balanza Industrial	0,88	5,75	0,28	674,79
Licuadora	1,12	5,75	0,28	840,00
Reactor	0,80	5,75	0,28	619,72
Filtro Prensa	2,20	5,75	0,28	1 583,47
Estufa	2,30	5,75	0,28	1 652,31
Lavadora	1,10	5,75	0,28	826,24
Trituradora de mandíbula	3,00	5,75	0,28	2 134,19
Tamiz	0,55	5,75	0,28	447,62
Molino de discos	1,80	5,75	0,28	1 308,11
Pulverizador	1,10	5,75	0,28	826,24
Molino de bolas	3,50	5,75	0,28	2 478,39
Mezcladora de polvos	1,50	5,75	0,28	1 101,60
Peletizador	2,20	5,75	0,28	1 583,47
Dosificadora y empacadora	1,65	5,75	0,28	1 204,85
Etiquetadora	2,20	5,75	0,28	1 583,47
<b>Total</b>	<b>25,90</b>			<b>18 864,48</b>

El servicio de agua tiene una tarifa fija de 280,39 S/. /mes, de acuerdo a las tarifas establecidas por Sedapal<sup>3</sup>.

<sup>3</sup> Ver Anexo 8: Asignaciones máximas de consumo – por agua y alcantarillado

### Cálculo del costo de ventas

AÑO	2020		2021		2022		2023		2024		2025	
DEMANDA (kg)	31,945.00		35,562.00		39,590.00		44,073.00		49,064.00		54,621.00	
Materia Prima / Insumo	Cantidad	Costo Total	Cantidad	Costo Total	Cantidad	Costo Total	Cantidad	Costo Total	Cantidad	Costo Total	Cantidad	Costo Total
Langostinos	183,719.02	140.30	204,520.77	175.38	227,686.22	175.38	253,468.42	210.46	282,172.18	210.46	314,131.06	245.53
Conchas de abanico	18,812.06	92.60	20,942.07	92.60	23,314.11	92.60	25,954.10	92.60	28,893.24	92.60	32,165.70	92.60
Goma de tara	383.34	41.39	426.74	41.39	475.08	41.39	528.88	41.39	588.77	41.39	655.45	41.39
Enzima Alcalasa	91.86	42,622.81	102.26	47,448.82	113.84	52,823.20	126.73	58,804.67	141.09	65,463.95	157.07	72,878.41
NaOH	2,565.01	230,851.13	2,855.44	256,989.45	3,178.87	286,097.86	3,538.83	318,494.34	3,939.58	354,561.90	4,385.77	394,719.66
CH3COOH	9,205.65	500,787.14	10,247.96	557,489.19	11,408.72	620,634.30	12,700.59	690,912.24	14,138.86	769,153.86	15,740.23	856,268.40
HCl	381.33	23,623.11	424.50	26,297.86	472.58	29,276.54	526.10	32,591.69	585.67	36,282.50	652.01	40,391.86
Bolsas	31,945.00	958.35	35,562.00	1,066.86	39,590.00	1,187.70	44,073.00	1,322.19	49,064.00	1,471.92	54,621.00	1,638.63
Etiquetas	31,945.00	7,986.25	35,562.00	8,890.50	39,590.00	9,897.50	44,073.00	11,018.25	49,064.00	12,266.00	54,621.00	13,655.25
<b>SUBTOTAL 1 (S./año)</b>	<b>807,103.08</b>		<b>898,492.04</b>		<b>1,000,226.47</b>		<b>1,113,487.83</b>		<b>1,239,544.56</b>		<b>1,379,931.73</b>	
<b>Mano de obra directa</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Costo Total</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Costo Total</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Costo Total</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Costo Total</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Costo Total</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Costo Total</b>
Operarios	7	78,120.00	7	78,120.00	7	78,120.00	7	78,120.00	7	78,120.00	7	78,120.00
<b>SUBTOTAL 2 (S./año)</b>	<b>78,120.00</b>		<b>78,120.00</b>		<b>78,120.00</b>		<b>78,120.00</b>		<b>78,120.00</b>		<b>78,120.00</b>	

(Continúa)

(Continuación)

Equipos	Depreciación		Depreciación		Depreciación		Depreciación		Depreciación		Depreciación	
Balanza industrial	78.75		78.75		78.75		78.75		78.75		78.75	
Licuadora	400.00		400.00		400.00		400.00		400.00		400.00	
Reactor	2,280.00		2,280.00		2,280.00		2,280.00		2,280.00		2,280.00	
Filtro prensa	410.40		410.40		410.40		410.40		410.40		410.40	
Estufa	684.00		684.00		684.00		684.00		684.00		684.00	
Lavadora	513.00		513.00		513.00		513.00		513.00		513.00	
Trituradora	513.00		513.00		513.00		513.00		513.00		513.00	
Tamiz	142.50		142.50		142.50		142.50		142.50		142.50	
Molino de discos	200.00		200.00		200.00		200.00		200.00		200.00	
Pulverizador	2,793.00		2,793.00		2,793.00		2,793.00		2,793.00		2,793.00	
Molino de bolas	1,852.50		1,852.50		1,852.50		1,852.50		1,852.50		1,852.50	
Mezcladora de polvos	1,325.25		1,325.25		1,325.25		1,325.25		1,325.25		1,325.25	
Peletizador	153.90		153.90		153.90		153.90		153.90		153.90	
Empacadora	752.40		752.40		752.40		752.40		752.40		752.40	
Etiquetadora	342.00		342.00		342.00		342.00		342.00		342.00	
<b>SUBTOTAL 3 (S./año)</b>	<b>12,440.70</b>		<b>12,440.70</b>		<b>12,440.70</b>		<b>12,440.70</b>		<b>12,440.70</b>		<b>12,440.70</b>	
<b>Gasto por servicios</b>	<b>Consumo</b>	<b>Costo total</b>	<b>Consumo</b>	<b>Costo total</b>	<b>Consumo</b>	<b>Costo total</b>	<b>Consumo</b>	<b>Costo total</b>	<b>Consumo</b>	<b>Costo total</b>	<b>Consumo</b>	<b>Costo total</b>
Agua		3,364.68		3,364.68		3,364.68		3,364.68		3,364.68		3,364.68
Energía eléctrica	25.90	18,864.48	25.90	18,864.48	25.90	18,864.48	25.90	18,864.48	25.90	18,864.48	25.90	18,864.48
<b>SUBTOTAL 4 (S./año)</b>	<b>22,229.16</b>		<b>22,229.16</b>		<b>22,229.16</b>		<b>22,229.16</b>		<b>22,229.16</b>		<b>22,229.16</b>	
<b>COSTO TOTAL (S./año)</b>	<b>919,892.94</b>		<b>1,011,281.90</b>		<b>1,113,016.33</b>		<b>1,226,277.68</b>		<b>1,352,334.42</b>		<b>1,492,721.59</b>	

Elaboración propia



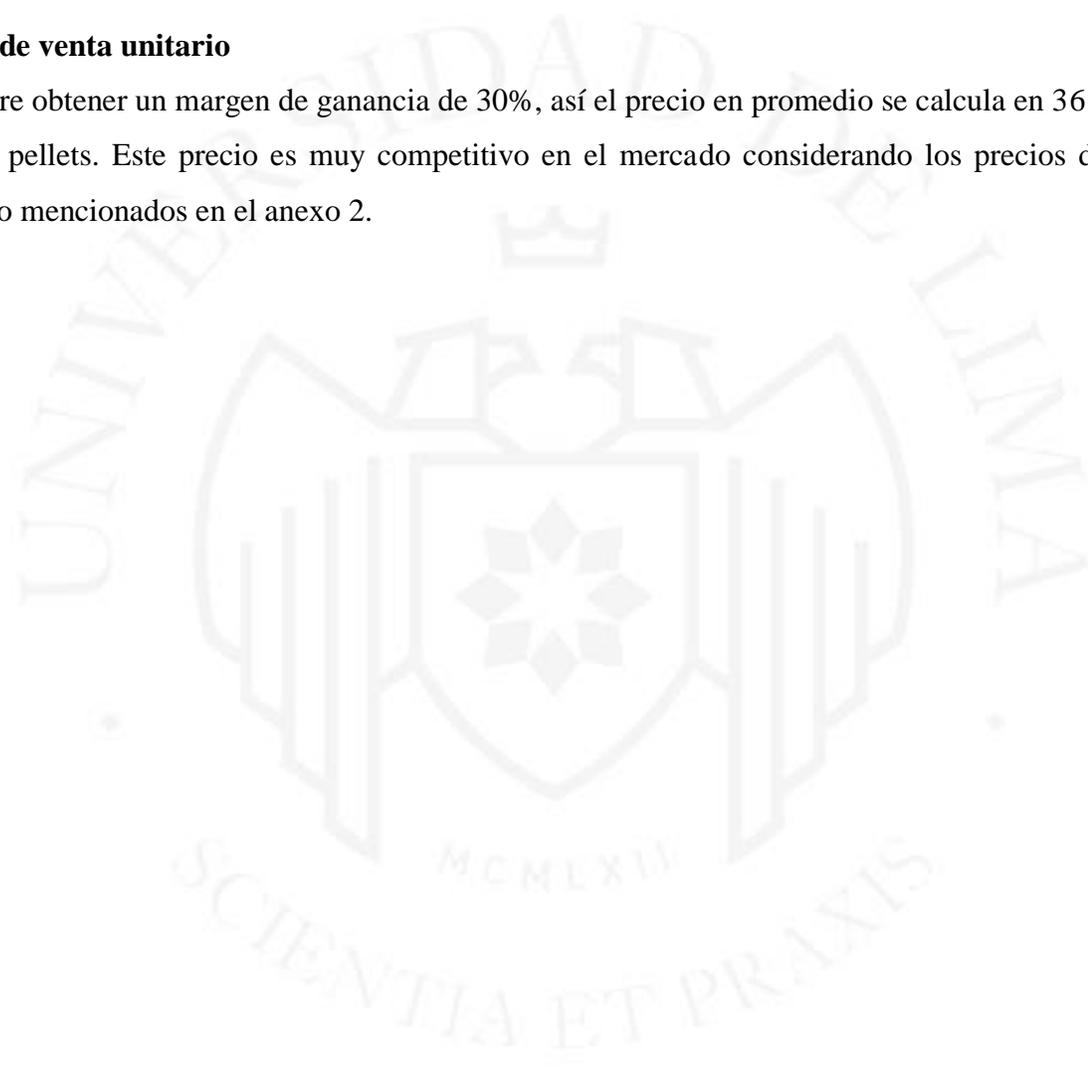
A continuación, se muestra una tabla resumen con los costos unitarios desde el año 2020 hasta el año 2025.

Resumen de costos unitarios (S./Kg), 2020-2025

Año	2020	2021	2022	2023	2024	2025
<b>Demanda total (Kg)</b>	31 945,00	35 562,00	39 590,00	44 073,00	49 064,00	54 621,00
<b>Costo total (S/.)</b>	919 892,94	1 011 281,90	1 113 016,33	1 226 277,68	1 352 334,42	1 492 721,59
<b>Costo unitario (S./Kg)</b>	28,80	28,44	28,11	27,82	27,56	27,33

### Precio de venta unitario

Se quiere obtener un margen de ganancia de 30%, así el precio en promedio se calcula en 36 soles por kilo de pellets. Este precio es muy competitivo en el mercado considerando los precios de carbón activado mencionados en el anexo 2.



## Anexo 7: Pliego tarifario Luz del Sur - noviembre 2019

**LUZ DEL SUR**

**PLIEGO TARIFARIO / NOVIEMBRE 2019**

<b>EMPRESA DE DISTRIBUCION ELECTRICA LUZ DEL SUR S.A.A.</b>			
<b>PRECIOS PARA LA VENTA DE ENERGIA ELECTRICA (incluye IGV)</b>			
<b>PLIEGO TARIFARIO : 04 NOVIEMBRE 2019 (/1)</b>			
LDS2019-12			
		<b>Sistema Lima Sur</b>	
<b>MEDICION DOBLE DE ENERGIA Y CONTRATACION O MEDICION DE DOS POTENCIAS (2E2P)</b>	<b>Unidad</b>	<b>MT2</b>	<b>BT2</b>
Cargo Fijo mensual	S/./Usuario	5,77	5,77
Cargo por Energía en punta	cent S./,kW.h	31,44	34,30
Cargo por Energía fuera de punta	cent S./,kW.h	26,47	28,89
Cargo por potencia activa de generación en horas punta	S/./KW-mes	69,69	74,21
Cargo por potencia activa por uso redes de distribución en horas punta	S/./KW-mes	10,55	50,78
Cargo por exceso de potencia por uso redes distribución en horas fuera de punta	S/./KW-mes	11,41	41,56
Cargo por energía reactiva que exceda del 30% del total de la energía activa	cent S/./kvarh	5,42	5,42
<b>MEDICION DOBLE DE ENERGIA Y UNA POTENCIA CONTRATADA (2E1P)</b>	<b>Unidad</b>	<b>MT3</b>	<b>BT3</b>
Cargo Fijo mensual	S/./Usuario	5,75	5,75
Cargo por Energía en punta	cent S./,kW.h	31,44	34,30
Cargo por Energía fuera de punta	cent S./,kW.h	26,47	28,89
Cargo por potencia activa de generación para calificación "Presentes punta"	S/./KW-mes	60,86	65,63
Cargo por potencia activa de generación para calificación "Fuera punta"	S/./KW-mes	39,94	43,39
Cargo por potencia activa por uso redes de distribución para calificación "Presentes punta"	S/./KW-mes	11,47	52,51
Cargo por potencia activa por uso redes de distribución para calificación "Fuera punta"	S/./KW-mes	11,46	48,24
Cargo por energía reactiva que exceda del 30% del total de la energía activa	cent S/./kvarh	5,42	5,42
<b>SIMPLE MEDICION DE ENERGIA Y UNA POTENCIA CONTRATADA (1E1P)</b>	<b>Unidad</b>	<b>MT4</b>	<b>BT4</b>
Cargo Fijo mensual	S/./Usuario	5,75	5,75
Cargo por Energía	cent S./,kW.h	27,58	30,09
Cargo por potencia activa de generación para calificación "Presentes punta"	S/./KW-mes	60,86	65,63
Cargo por potencia activa de generación para calificación "Fuera punta"	S/./KW-mes	39,94	43,39
Cargo por potencia activa por uso redes de distribución para calificación "Presentes punta"	S/./KW-mes	11,47	52,51
Cargo por potencia activa por uso redes de distribución para calificación "Fuera punta"	S/./KW-mes	11,46	48,24
Cargo por Energía Reactiva que exceda el 30% del total de la Energía Activa	cent S/./kvarh	5,42	5,42
<b>DOBLE MEDICION DE ENERGIA (2E)</b>	<b>Unidad</b>	<b>BT5A</b>	
Cargo Fijo mensual	S/./Usuario	5,75	
Cargo por Energía en punta para demandas hasta 20 kW en horas punta y fuera punta	cent S./,kW.h	224,24	
Cargo por Energía en punta para demandas hasta 20 kW en hor.punta y 50 kW en fra.punta	cent S./,kW.h	194,35	
Cargo por Energía fuera de punta	cent S./,kW.h	28,89	
Cargo por exceso de potencia en horas fuera de punta	S/./KW-mes	45,06	
Cargo por exceso de potencia en horas de punta	S/./KW-mes	45,06	
<b>SIMPLE MEDICION DE ENERGIA (1E)</b>	<b>Unidad</b>	<b>BT5C-AP</b>	
Cargo Fijo mensual	S/./Usuario	3,46	
Cargo por Energía	cent S./,kW.h	67,11	

Ver a Configuración nat

CLIENTES A PENSION FIJA		Unidad	BT6		
Cargo Fijo mensual		S./Usuario	3,22		
Cargo mensual por Potencia		cent S./Watt	27,09		
SERVICIO PREPAGO		Unidad	BT7		
BT7 No Residencial					
Cargo Fijo mensual - Códigos o Tarjetas		S./Usuario	2,32		
Cargo por Energía		cent S./KW.h	62,47		
BT7 Residencial: clientes con consumos menores o iguales a 100 kW.h por mes					
<u>0 - 30 kW.h</u>					
Cargo Fijo mensual - Códigos o Tarjetas		S./Usuario	2,24		
Cargo por Energía Activa		cent S./KW.h	45,14		
<u>31 - 100 kW.h</u>					
Cargo Fijo mensual - Códigos o Tarjetas		S./Usuario	2,24		
Cargo por Energía Activa - Primeros 30 kW.h		S./Usuario	13,55		
Cargo por Energía Activa - Exceso de 30 kW.h		cent S./KW.h	60,18		
BT7 Residencial: clientes con consumos mayores a 100 kW.h por mes					
Cargo Fijo mensual - Códigos o Tarjetas		S./Usuario	2,32		
Cargo por Energía Activa		cent S./KW.h	62,47		
SIMPLE MEDICION DE ENERGIA (1E) - NO RESIDENCIAL		Unidad	BT5B	BT5D	BT5E
Cargo Fijo mensual		S./Usuario	3,22	3,22	3,01
Cargo por Energía		cent S./KW.h	63,45	51,14	63,15
SIMPLE MEDICION DE ENERGIA (1E) - RESIDENCIAL		Unidad	BT5B	BT5D	BT5E
a) Usuarios con consumos menores o iguales a 100 kW.h por mes					
<u>0 - 30 kW.h</u>					
Cargo Fijo Mensual		S./Usuario	3,10	3,10	2,90
Cargo por Energía Activa		cent S./KW.h	45,84	36,95	45,63
<u>31 - 100 kW.h</u>					
Cargo Fijo Mensual		S./Usuario	3,10	3,10	2,90
Cargo por Energía Activa - Primeros 30 kW.h		S./Usuario	13,76	11,08	13,69
Cargo por Energía Activa - Exceso de 30 kW.h		cent S./KW.h	61,12	49,27	60,84
b) Usuarios con consumos mayores a 100 kW.h por mes					
Cargo Fijo Mensual		S./Usuario	3,22	3,22	3,01
Cargo por Energía Activa		cent S./KW.h	63,45	51,14	63,15

1) Aplicación de las Resoluciones N° 182-2019-OS/CD (precios a nivel de Generación), N° 183-2019 (Aprueban factores "p" para Generación) y Res. N° 158-2018-OS/CD, Art. 3° (actualización del Valor Agregado de Distribución).

Costos de Distribución				
Fecha:	IPM	TC	ICu	IPAL
Ai 04/10/19	230,10	3,385	276,58	1.874,04
Ai 04/11/19	230,38	3,349	275,58	1.845,75
Variación	0,1%	-1,1%	-0,4%	-1,5%

NOTA: Las tarifas de Distribución se reajustan en función a la variación de los indicadores macro-económicos: IPM=índice de precios al por mayor; TC=tipo de cambio (S/ US\$); TA=tasa arancelaria (%); IPAL=índice de precio del aluminio (US\$/Tn); ICu=índice de precio del Cobre (cent/89lb).

Nota: De *Pliego tarifario / Noviembre 2019*, por Luz del Sur, 2019, ([https://www.luzdelsur.com.pe/media/pdf/tarifas/2019/noviembre/TarifasLDS\\_Noviembre2019.pdf](https://www.luzdelsur.com.pe/media/pdf/tarifas/2019/noviembre/TarifasLDS_Noviembre2019.pdf))

## Anexo 8: Asignaciones máximas de consumo – por agua y alcantarillado

### ASIGNACIONES MAXIMAS DE CONSUMO - POR AGUA Y ALCANTARILLADO

TABLA DE ASIGNACIONES MAXIMAS DE CONSUMO POR HORAS DE ABASTECIMIENTO DIARIO  
TARIFAS Y PRECIOS ACTUALIZADOS - A PARTIR DEL PRIMER CICLO DE FACTURACION POSTERIOR - OCTUBRE 2019

TARIFAS	CONCEPTOS	HORAS DE ABASTECIMIENTO DIARIO			DISTRITOS COMPRENDIDOS			
		HASTA 3 HORAS	DE 4 A 6 HORAS	DE 7 A 24 HORAS				
<b>USO RESIDENCIAL</b>								
<b>SOCIAL</b>	Agua y Alcantarillado	4 m <sup>3</sup>	S/. 7.48	7 m <sup>3</sup>	S/. 13.09	12 m <sup>3</sup>	S/. 22.44	TODOS LOS DISTRITOS
	Cargo Fijo		5.04		5.04		5.04	
	L.G.V. 18 %		2.25		3.26		4.95	
	<b>Total</b>	<b>S/. 14.78</b>		<b>S/. 21.40</b>		<b>S/. 32.43</b>		
<b>DOMESTICA</b>	<b>SUBSIDIADO</b>	15 m <sup>3</sup>	S/. 29.27	21 m <sup>3</sup>	S/. 42.27	21 m <sup>3</sup>	S/. 42.27	TODOS LOS DISTRITOS
	Agua y Alcantarillado		5.04		5.04		5.04	
	Cargo Fijo		6.18		8.52		8.52	
	L.G.V. 18 %							
	<b>Total</b>	<b>S/. 40.49</b>		<b>S/. 55.83</b>		<b>S/. 55.83</b>		
<b>DOMESTICA</b>	<b>NO SUBSIDIADO</b>	15 m <sup>3</sup>	S/. 36.51	21 m <sup>3</sup>	S/. 52.12	21 m <sup>3</sup>	S/. 52.12	TODOS LOS DISTRITOS
	Agua y Alcantarillado		5.04		5.04		5.04	
	Cargo Fijo		7.48		10.29		10.29	
	L.G.V. 18 %							
	<b>Total</b>	<b>S/. 49.03</b>		<b>S/. 67.45</b>		<b>S/. 67.45</b>		
<b>USO NO RESIDENCIAL</b>								
<b>COMERCIAL</b>	Agua y Alcantarillado	15 m <sup>3</sup>	S/. 120.45	18 m <sup>3</sup>	S/. 144.54	18 m <sup>3</sup>	S/. 144.54	TODOS LOS DISTRITOS
	Cargo Fijo		5.04		5.04		5.04	
	L.G.V. 18 %		22.59		26.92		26.92	
	<b>Total</b>	<b>S/. 148.08</b>		<b>S/. 176.51</b>		<b>S/. 176.51</b>		
<b>INDUSTRIAL</b>	Agua y Alcantarillado	27 m <sup>3</sup>	S/. 232.58	27 m <sup>3</sup>	S/. 232.58	27 m <sup>3</sup>	S/. 232.58	TODOS LOS DISTRITOS
	Cargo Fijo		5.04		5.04		5.04	
	L.G.V. 18 %		42.77		42.77		42.77	
	<b>Total</b>	<b>S/. 280.39</b>		<b>S/. 280.39</b>		<b>S/. 280.39</b>		
<b>ESTATAL</b>	Agua y Alcantarillado	34 m <sup>3</sup>	S/. 177.72	34 m <sup>3</sup>	S/. 177.72	34 m <sup>3</sup>	S/. 177.72	TODOS LOS DISTRITOS
	Cargo Fijo		5.04		5.04		5.04	
	L.G.V. 18 %		32.90		32.90		32.90	
	<b>Total</b>	<b>S/. 215.66</b>		<b>S/. 215.66</b>		<b>S/. 215.66</b>		

La Asignación de Consumo para los usuarios domésticos que no tienen suministro diario, se determinará de manera proporcional al número de horas y días por mes de suministro; a partir del tercer año regulatorio deberá tomarse como base las asignaciones de consumo definidas para la categoría doméstico.

Cargo Fijo: S/. 5.042 (S./ mensual)

Nota: De Asignaciones máximas de consumo – por agua y alcantarillado, por Sedapal, 2019, (<https://www.sedapal.com.pe/storage/objects/asignaciones-maximas-de-consumo.pdf>)

## **Anexo 9: Ficha de datos de seguridad de Ácido Clorhídrico**

De acuerdo al Reglamento (CE) N° 1907/ 2006

Fecha de revisión 17.03.2020 Versión 1.5

---

### **Sección 1. Identificación de la sustancia o la mezcla y de la sociedad o la empresa**

#### **1.1 Identificador del producto**

Artículo número 100317  
Denominación Ácido Clorhídrico fumante 37% p.a EMSURE®ACS, ISO, Reag. Ph Eur.  
Número de registro REACH Este producto es una mezcla. Número de registro REACH véase sección 3.  
registro REACH sección 3.

#### **1.2 Usos pertinentes identificados de la sustancia o de la mezcla**

Usos identificados Análisis químico, producción química  
Para informaciones adicionales a usos refiérase al portal Merck Chemicals (www. Merckgroup.com; for USA /Canadá www.emdgroup.com)

#### **1.3 Datos del proveedor de la ficha de datos de seguridad**

Compañía Merck KGaA \* 64271 Darmstadt \* Alemania \* Tel: + 49615172-0  
Denominación Merck Peruana S.A \* Av. Los Frutales 220 \* Lima 03 \* Perú \*  
Tel: + 51-1-618 7500 \*Fax: +51-1-437 2955

#### **1.4 Teléfono de emergencia: En caso de urgencias: Acúdase al Centro de salud más cercano.**

---

### **SECCIÓN 2. Identificación de los peligros**

#### **2.1 Clasificación de la sustancia o de la mezcla**

##### **Clasificación (Reglamento (CE) N°1272/2008)**

Corrosivos para los metales, Categoría 1, H290

Corrosión cutáneas, Categoría 1B, H314

Toxicidad específica en determinados órganos – exposición única, Categoría 3, Sistema respiratorio, H335

Para el texto íntegro de las declaraciones – H mencionadas en esta sección, véase la Sección 16.

## 2.2 Elementos de la etiqueta

### Etiquetado (Reglamento (CE) N° 1272/2008)

#### *Pictogramas de peligro*



#### *Palabra de advertencia*

Peligro

#### *Indicaciones de peligro*

H290 Puede ser corrosivo para los metales

H314 Provoca quemaduras graves en la piel y lesiones oculares graves

H335 Puede irritar las vías respiratorias

#### *Consejos de prudencia*

##### Prevención

P280 Llevar guantes/prendas/ gafas/ máscara de protección

##### Intervención

P301 + P330 + P331 EN CASO DE INGESTIÓN: Enjuagar la boca. NO provocar el vómito.

P305 + P351 + P338 EN CASO DE CONTACTO CON LOS OJOS: Enjuagar con agua cuidadosamente durante varios minutos. Quitar las lentes de contacto cuando estén presentes y pueda hacerse con facilidad. Proseguir con el lavado.

P308 + P310 EN CASO DE exposición manifiesta o presunta: Llamar inmediatamente a un CENTRO DE TOXICOLOGÍA o a un médico.

#### **Etiquetado reducido ( $\leq 125$ ml)**

#### *Pictogramas de peligro*



#### *Palabra de advertencia*

Peligro

#### *Indicaciones de peligro*

H314 Provoca quemaduras graves en la piel y lesiones oculares graves

#### *Consejos de prudencia*

P280 Llevar guantes/ prendas/ gafas/máscara de protección

P301 + P330 + P331 EN CASO DE INGESTIÓN: Enjuagar la boca. NO provocar el vómito

P305 + P351 + P338 EN CASO DE CONTACTO CON LOS OJOS: Enjuagar con agua cuidadosamente durante varios minutos. Quitar las lentes de contacto cuando estén presentes y pueda hacerse con facilidad. Proseguir con el lavado.

P308 + P310 EN CASO DE exposición manifiesta o presunta: Llamar inmediatamente a un CENTRO DE TOXICOLOGÍA o a un médico.

### 2.3 Otros peligros

Ninguna conocida

---

## SECCIÓN 3. Composición / información sobre los componentes

Naturaleza química Solución acuosa

### 3.1 Sustancia

No aplicable

### 3.2 Mezcla

#### Componentes peligrosos (REGLAMENTO (CE) N° 1272/2008)

*Nombre químico (Concentración)*

N° CAS Número de registro Clasificación

Ácido Clorhídrico (>=25% - <50%)

*La sustancia no cumple los criterios de PBT o mPmB según el Reglamento (CE) núm. 1907/2006, anexo XIII*

7647-01-0

\*)

Corrosivos para los metales, Categoría 1, H290

Corrosión cutáneas, Categoría 1B, H314

Toxicidad específica en determinados órganos exposición única,

Categoría 3, H335

\*) No hay disponible un número de registro para esta sustancia, ya que la sustancia o su uso están exentos del registro; según el artículo 2 del Reglamento REACH (CE) núm. 1097/2006, el tonelaje anual requiere registro o dicho registro está previsto para una fecha posterior.

Para el texto íntegro de las declaraciones- H mencionadas en esta sección, véase la sección 16.

---

## SECCIÓN 4. Primeros auxilios

### 4.1 Descripción de los primeros auxilios

*Recomendaciones generales*

El socorrista necesita protegerse a sí mismo

Tras inhalación: aire fresco. Llamar al médico

En caso de contacto con la piel: quitar inmediatamente todas las prendas contaminadas. Aclararse la piel con agua / ducharse. Llame inmediatamente al médico.

Tras contacto con los ojos: aclarar con abundante agua. Llamar inmediatamente al oftalmólogo. Retirar las lentillas.

Tras ingestión: hacer beber agua (máximo 2 vasos), evitar el vómito (¡peligro de perforación!). Llame inmediatamente al médico. No proceder a pruebas de neutralización.

#### **4.2 Principales síntomas y efectos, agudos y retardados**

Irritación y corrosión, tos, insuficiencia respiratoria, efectos sobre el sistema cardiovascular, ¡Riesgo de ceguera!

#### **4.3 Indicación de toda atención médica y de los tratamientos especiales que deban dispensarse inmediatamente**

No hay información disponible

---

### **SECCIÓN 5. Medidas de lucha contra incendios**

#### **5.1 Medios de extinción**

##### *Medios de extinción apropiados*

Usar medidas de extinción que sean apropiadas a las circunstancias del local y a sus alrededores

##### *Medios de extinción no apropiados*

No existen limitaciones de agentes extinguidores para esta sustancia/ mezcla

#### **5.2 Peligros específicos derivados de la sustancia o mezcla**

No combustible

Posibilidad de formación de vapores peligrosos por incendio en el entorno

El fuego puede provocar emanaciones de:

Gas cloruro de hidrógeno

#### **5.3 Recomendaciones para el personal de lucha contra incendios**

##### *Equipo de protección especial para el personal de lucha contra incendios*

Permanencia en el área de riesgo sólo con sistemas de respiración artificial e independiente del ambiente. Protección de la piel mediante observación de una distancia de seguridad y uso de ropa protectora adecuada.

*Otros datos*

Reprimir los gases /vapores / neblinas con agua pulverizada. Impedir la contaminación de las aguas superficiales o subterráneas por el agua que ha servido a la extinción de incendios.

---

## **SECCIÓN 6. Medidas en caso de vertido accidental**

### **6.1 Precauciones personales, equipo de protección y procedimientos de emergencia**

Indicaciones para el personal que no forma parte de los servicios de emergencia: No respirar los vapores, aerosoles. Evitar el contacto con la sustancia. Asegúrese una ventilación apropiada. Evacúe el área de peligro, respete los procedimientos de emergencia, consulte con expertos.

Consejos para el personal de emergencia: Equipo protector véase sección 8

### **6.2 Precauciones relativas al medio ambiente**

No dejar que el producto entre en el sistema de alcantarillado

### **6.3 Métodos y material de contención y de limpieza**

Cubra las alcantarillas. Recoja, una y aspire los detalles.

Observe posibles restricciones de materiales (véanse indicaciones en las secciones 7 o 10)

Recoger con material absorbente de líquidos y neutralizante, p. ej. Con Chemizorb® H<sup>+</sup> (art. Merck 101595). Proceder a la eliminación de los residuos. Aclarar.

### **6.4 Referencia a otras secciones**

Para indicaciones sobre el tratamiento de residuos, véase sección 13

---

## **SECCIÓN 7. Manipulación y almacenamiento**

### **7.1 Precauciones para una manipulación segura**

*Consejos para una manipulación segura*

Observar las indicaciones de la etiqueta

*Medidas de higiene*

Sustituir inmediatamente la ropa contaminada. Protección preventiva de la piel.

Lavar cara y manos al término del trabajo

### **7.2 Condiciones de almacenamiento seguro, incluidas posibles incompatibilidades**

*Exigencias técnicas para almacenes y recipientes*

No usar recipientes metálicos

*Condiciones de almacenamiento*

Bien cerrado

Temperatura de almacenaje recomendada indicada en la etiqueta del producto

### **7.3 Usos específicos finales**

Fuera de los usos indicados en la sección 1.2 no se previenen aplicaciones finales adicionales.

---

## **SECCIÓN 8. Controles de exposición / protección individual**

### **8.1 Parámetros de control**

Ácido clorhídrico (7647-01-0)

PE OEL Valor techo 2 ppm  
3 mg/m<sup>3</sup>

### **8.2 Controles de la exposición**

#### **Medidas de ingeniería**

Medidas técnicas y observación de métodos adecuados de trabajo tienen prioridad ante el uso de equipos de protección personal

Véase sección 7.1

#### **Medidas de protección individual**

Los tipos de auxiliares para protección del cuerpo deben elegirse específicamente según el puesto de trabajo en función de la concentración y cantidad de la sustancia peligrosa. Debería aclararse con el suministrador la estabilidad de los medios protectores frente a los productos químicos.

##### *Protección de los ojos/ la cara*

Gafas de seguridad ajustadas al contorno del rostro

##### *Protección de las manos*

Sumerción:

Material de guante: Caucho nitrilo

Espesor del guante: 0.11 mm

Tiempo de penetración: 480 min

Salpicaduras:

Material del guante: Latex natural

Espesor del guante: 0.6 mm

Tiempo de penetración: 120 min

Los guantes de protección indicados deben cumplir con las especificaciones de la Directiva 89/686/EEC y con su norma resultante EN374, por ejemplo KLC 741 Dermatril®L (Sumerción), KCL 706 Lapren ® (Salpicaduras).

Los tiempos de ruptura mencionados anteriormente mencionados han sido determinados con muestras de material de los tipos de guantes recomendados en mediciones de laboratorio de KCL según EN374.

Esta recomendación sólo es válida para el producto mencionado en la ficha de datos de seguridad, suministrado por nosotros y para el fin indicado. Al disolver o mezclar en otras sustancias y cuando las condiciones difieran de las indicadas en EN374, debe dirigirse al suministrador de guantes con distintivo CE (por ejem. KCL GmbH, D-36124 Eichenzell, Internet: [www.kcl.de](http://www.kcl.de))

#### *Otras medidas de protección*

Ropa protectora contra ácidos

#### *Protección respiratoria*

Necesaria en presencia de vapores/aerosoles

Tipo de filtro recomendado: Filtro E- (P2)

El empresario debe garantizar que el mantenimiento, la limpieza y la prueba técnica de los protectores respiratorios se hagan según las instrucciones del productor de las mismas. Estas medidas deben ser documentadas debidamente.

### **Controles de exposición medioambiental**

No dejar que el producto entre en el sistema de alcantarillado

---

## **SECCION 9. Propiedades físicas y químicas**

### **9.1 Información sobre propiedades físicas y químicas básicas**

Forma	Líquido
Color	Incoloro
Olor	Picante
Umbral olfativo	0.8-5 ppm
	Cloruro de hidrogeno HCl gaseoso
pH	<1
	A 20°C

Punto de solidificación	-30°C
Punto de ebullición	No hay información disponible
Punto de inflamación	No aplicable
Tasa de evaporación	No hay información disponible
Inflamabilidad (sólido, gas)	No hay información disponible
Limites inferior de explosividad	No aplicable
Limites superior de explosividad	No aplicable
Presión de vapor	190 hPa A 20 °C
Densidad relativa del vapor	No hay información disponible
Densidad	Aprox. 1.19 g/cm <sup>3</sup> A 20°C
Densidad relativa	No hay información disponible
Solubilidad en agua	A 20°C Soluble
Coefficiente de reparto n-octanol/agua	No aplicable
Temperatura de auto-inflamación	No hay información disponible
Temperatura de descomposición	No hay información disponible
Viscosidad, dinámica	2.3 mPa.s A 15°C
Propiedades explosivas	No clasificado/a como explosivo/a
Propiedades comburentes	Ningún

## 9.2 Otros datos

Temperatura de ignición	No aplicable
Corrosión	Puede ser corrosivo para los metales

---

## SECCIÓN 10. Estabilidad y reactividad

### **10.1 Reactividad**

Corrosivo en contacto con metales

### **10.2 Estabilidad química**

El producto es químicamente estable bajo condiciones normales (a temperatura ambiental)

### **10.3 Posibilidad de reacciones peligrosas**

Reacción exotérmica con:

Aminas, permanganato de potasio, halogenatos, óxidos de semimetales, hidruros de semimetales, aldehídos, éter vinilmetílico

Peligro de ignición o de formación de gases o vapores combustibles con:

Carburos, litio siliciuro, Flúor

Desprendimiento de gases o vapores peligrosos con:

Aluminio, hidruros, formaldehído, metales, soluciones fuerte de hidróxidos alcalinos, Sulfuros

Riesgo de explosión con:

Metales alcalinos, ácido sulfúrico concentrado

### **10.4 Condiciones que deben evitarse**

Calentamiento

### **10.5 Materiales incompatibles**

Metales, aleaciones metálicas

Desprende hidrógeno en reacción con los metales

### **10.6 Productos de descomposición peligrosos**

En caso de incendio: véase sección 5

---

## **SECCIÓN 11. Información toxicológica**

### **11.1 Información sobre los efectos toxicológicos**

#### **Mezcla**

#### *Toxicidad oral agua*

Síntomas: Si es ingerido, provoca quemaduras severas de la boca y la garganta, así como peligro de perforación del esófago y del estómago

#### *Toxicidad aguda por inhalación*

Síntomas: irritación de las mucosas, tos, insuficiencia respiratoria, consecuencias posibles: perjudica las vías respiratorias

*Toxicidad cutánea aguda*

Esta información no está disponible

*Irritación de la piel*

Mezcla provoca quemaduras

*Irritación ocular*

Mezcla provoca lesiones oculares graves. ¡Riesgo de ceguera!

*Sensibilización*

Esta información no está disponible

*Mutagenicidad en células germinales*

Esta información no está disponible

*Carcinogenicidad*

Esta información no está disponible

*Toxicidad para la reproducción*

Esta información no está disponible

*Teratogenicidad*

Esta información no está disponible

*Toxicidad específica en determinados órganos – exposición única*

Mezcla puede irritar las vías respiratorias

Órganos diana: Sistema respiratorio

*Toxicidad específica en determinados órganos – exposiciones repetidas*

Esta información no está disponible

*Peligro de aspiración*

Esta información no está disponible

**11.2 Otros datos**

Tras administración.

Tras tiempo de latencia:

Efectos sobre el sistema cardiovascular

Las otras propiedades peligrosas no pueden ser excluidas

Manipular con las precauciones de higiene industrial adecuadas, y respetar las prácticas de seguridad

**Componentes**

*Ácido clorhídrico*

*Irritación de la piel*

Conejo

Resultado: Corrosivo

Directrices de ensayo 404 del OECD

*Irritación ocular*

Conejo

Resultado: Efecto irreversible en los ojos

Directrices de ensayo 405 del OECD

*Sensibilización*

Prueba de maximización conejillo de indias

Resultado: No provoca sensibilización a la piel

Método: Directrices de ensayo 406 del OECD

---

**SECCIÓN 12. Información ecológica**

**Mezcla**

**12.1 Toxicidad**

No hay información disponible

**12.2 Persistencia y degradabilidad**

No hay información disponible

**12.3 Potencial de bioacumulación**

Coefficiente de reparto n- octanol/agua

No aplicable

**12.4 Movilidad en el suelo**

No hay información disponible

**12.5 Resultados de la valoración PBT y mPmB**

La(s) sustancia(s) en la mezcla no cumplen los criterios de PBT o mPmB según el Reglamento (CE) núm. 1907/2006, anexo XIII

**12.6 Otros efectos adversos**

*Información ecológica complementaria*

A pesar de la dilución forma todavía mezclas causticas con agua. Efecto perjudicial por desviación del pH

La descarga en el ambiente debe ser evitada

**Componentes**

*Ácido Clorhídrico*

*Toxicidad para los peces*

Lepomis macrochirus (Pez – luna Blugill): 20,5 mg/l; 96 h

Directrices de ensayo 203 del OECD

*Toxicidad para las dafnias y otros invertebrados acuáticos*

CE50: 1.3 mg/l; 48 h

OECD TG 202

La sustancia no cumple los criterios de PBT o mPmB según el Reglamento (CE) núm. 1907/2006, anexo XIII

---

### **SECCIÓN 13. Consideraciones relativas a la eliminación**

*Métodos para el tratamiento de residuos*

Los residuos deben eliminarse de acuerdo con normativas locales y nacionales. Deje los productos químicos en sus recipientes originales. No los mezcle con otros residuos. Maneje los recipientes sucios como el propio producto.

Consulte en [www.retrologistik.com](http://www.retrologistik.com) sobre procesos relativos a la devolución de productos químicos o recipientes, o contáctenos si tiene más preguntas.

---

### **SECCIÓN 14. Información relativa al transporte**

#### **Transporte por carretera (ADR/RID)**

<b>14.1 Número ONU</b>	UN 1789
<b>14.2 Designación oficial de transportes de las Naciones Unidas</b>	Ácido Clorhídrico
<b>14.3 Clase</b>	8
<b>14.4 Grupo de embalaje</b>	II
<b>14.5 Peligrosas ambientalmente</b>	--
<b>14.6 Precauciones particulares para los usuarios</b>	Si
<b>Código de restricciones en túneles</b>	E

#### **Transporte fluvial (ADN)**

No relevante

#### **Transporte aéreo (IATA)**

<b>14.1 Número ONU</b>	UN 1789
------------------------	---------

<b>14.2 Designación oficial de transporte de las Naciones Unidas</b>	HYDROCHLORIC ACID
<b>14.3 Clase</b>	8
<b>14.4 Grupo de embalaje</b>	II
<b>14.5 Peligrosas ambientalmente</b>	--
<b>14.6 Precauciones particulares para los usuarios</b>	Si
<b>14.7 Transporte a granel con arreglo al anexo II del Convenio Marpol 73/78 y del código IBC</b>	No relevante

## **SECCIÓN 15. Información reglamentaria**

### **15.1 Reglamentación y legislación en materia de seguridad, salud y medio ambiente específicos para la sustancia o la mezcla**

*Legislación nacional*

Clase de almacenamiento 8B

### **15.2 Evaluación de la seguridad química**

Para éste producto no se realizó una valoración de la seguridad química

## **SECCIÓN 16. Otra información**

### **Texto íntegro de las Declaraciones – H referidas en las secciones 2 y 3**

- H290 Puede ser corrosivo para los metales
- H314 Provoca quemaduras graves en la piel y lesiones oculares graves
- H335 Puede irritar las vías respiratorias

### **Consejos relativos a la formación**

Debe disponer a los trabajadores la información y la formación práctica suficientes

### **Etiquetado**

*Pictogramas de peligro*



*Palabra de advertencia*

Peligro

### *Indicaciones de peligro*

H290 Puede ser corrosivo para los metales

H314 Provoca quemaduras graves en la piel y lesiones oculares graves

H335 Puede irritar las vías respiratorias

### *Consejos de prudencia*

#### Prevención

P280 Llevar guantes/ prendas/gafas/ máscara de protección

#### Intervención

P301+P330+P331 EN CASO DE INGESTIÓN: Enjuagar la boca. NO provocar el vómito

P305+ P351+ P338 EN CASO DE CONTACTO CON LOS OJOS: Enjuagar con agua cuidadosamente durante varios minutos. Quitar las lentes de contacto cuando estén presentes y pueda hacerse con facilidad. Proseguir con el lavado.

P308+ P310 EN CASO DE exposición manifiesta o presunta: Llamar inmediatamente a un CENTRO DE TOXICOLOGÍA o a un médico

### **Una explicación de las abreviaturas y los acrónimos utilizados en la ficha de datos de seguridad**

Puede consultar las abreviaturas y acrónimos utilizados en [www. Wikipedia. Org](http://www.Wikipedia.Org)

*Los datos suministrados en ésta ficha de seguridad se basan a nuestro actual conocimiento. Describen tan solo las medidas de seguridad en el manejo de éste producto y no representan una garantía sobre las propiedades descritas del mismo.*

Nota: De *Ficha de datos de seguridad de Ácido Clorhídrico*, por Merck, 2020, ([https://www.merckmillipore.com/PE/es/product/msds/MDA\\_CHEM-100317?Origin=PDP](https://www.merckmillipore.com/PE/es/product/msds/MDA_CHEM-100317?Origin=PDP))

## Anexo 10: Ficha de datos de seguridad de Hidróxido de Sodio

De acuerdo al Reglamento (CE) N° 1907/2006

Fecha de revisión 31.07.2017

Versión 1.6

---

### SECCIÓN 1. Identificación de la sustancia o la mezcla y de la sociedad o la empresa

#### 1.1 Identificador del producto

Artículo número 106462  
Denominación Sodio hidróxido en lentejas puro  
Número de registro No hay disponible un número de registro para esta sustancia, ya que la sustancia o su uso están exentos del registro, según el artículo 2 del Reglamento REACH (CE) núm. 1097/2006, el tonelaje anual no requiere registro o dicho registro está previsto para una fecha posterior.  
REACH  
No. CAS 131073-2

#### 1.2 Usos pertinentes identificados de la sustancia o de la mezcla y usos desaconsejados

Usos identificados Producción química, análisis químico  
Para informaciones adicionales a usos refiérase al portal Merck Chemicals ([www.merckgroup.com](http://www.merckgroup.com)); for USA/Canada [www.emdgroup.com](http://www.emdgroup.com))

#### 1.3 Datos del proveedor de la ficha de datos de seguridad

**Compañía** Merck KGaA\* 64271 Darmstadt \*Alemania \* Tel: +49 6151 72 0  
**Representante regional** Merck Peruana S.A \* Av. Los Frutales 220 \* Lima 03 \*Perú \* Tel: +51-1-618 7500 \* Fax: +51-1-437 2955

**1.4 Teléfono de emergencia** En caso de urgencias: Acúdase al Centro de Salud más cercano

---

### SECCIÓN 2. Identificación de los peligros

#### 2.1 Clasificación de la sustancias o de la mezcla

**Clasificación (REGLAMENTO (CE) N° 1272/2008)**

Corrosivos para los metales, Categoría 1, H290

Corrosión cutánea, Categoría 1ª, H314

Para el éxito íntegro de las Declaraciones- H mencionadas en esta sección, véase la sección 16

## 2.2 Elementos de la etiqueta

### Etiquetado (REGLAMENTO (CE) N° 1272/2008)

*Pictogramas de peligro*



*Palabra de advertencia*

Peligro

*Indicaciones de peligro*

H290 Puede ser corrosivo para los metales

H314 Provoca quemaduras graves en la piel y lesiones oculares graves

*Consejos de prudencia*

Prevención

P280 Llevar guantes/prendas/gafas/máscara de protección

Intervención

P301+ P330+ P331 EN CASO DE INGESTIÓN: Enjuagarse la boca. No provocar el vómito

P305+ P351+ P338 EN CASO DE CONTACTO CON LOS OJOS: Aclarar cuidadosamente con agua durante varios minutos. Quitar las lentes de contacto, si lleva y resulta fácil. Seguir aclarando.

P308 + P310 EN CASO DE exposición manifiesta o presunta: Llamar inmediatamente a un CENTRO DE TOXICOLOGÍA o a un médico

Etiquetado reducido ( $\leq 125$  ml)

*Pictogramas de peligro*



*Palabra de advertencia*

Peligro

*Indicaciones de peligro*

H314 Provoca quemaduras graves en la piel y lesiones oculares graves

*Consejos de prudencia*

P280 Llevar guantes/prendas/gafas/máscara de protección

P301+ P351+ P338 EN CASO DE INGESTIÓN: Enjuagarse la boca. NO provocar el vómito

P305+ P351+ P338 EN CASO DE CONTACTO CON LOS OJOS: Aclarar cuidadosamente con agua durante varios minutos. Quitar las lentes de contacto, si lleva y resulta fácil. Seguir aclarando

P308 + P310 EN CASO DE exposición manifiesta o presunta: Llamar inmediatamente a un CENTRO DE TOXICOLOGÍA o a un médico

Nº CAS 1310-73-2

### 2.3 Otros peligros

Ninguno conocido

---

## SECCIÓN 3. Composición/información sobre los componentes

### 3.1 Sustancia

Formula	NaOH HNaO (Hill)
Nº CE	215 – 185 – 5
Masa molar	40,00 g/mol

### Componentes peligrosos (REGLAMENTO (CE) Nº 1272/2008)

*Nombre químico (Concentración)*

Nº. CAS      Número de registro      Clasificación

Sodio hidróxido (<=100%)

*PBT/vPvB: No aplicable para sustancias inorgánicas*

1310-73-2	*)	Corrosivos para los metales, categoría 1, H290
		Corrosiones cutáneas, Categoría 1ª, H314

\*) No hay disponible un número de registro para esta sustancia, ya que la sustancia o su uso están exentos del registro, según el artículo 2 del Reglamento REACH (CE) núm. 1097/2006, el tonelaje anual no requiere registro o dicho registro está previsto para una fecha posterior.

Para el texto íntegro de las Declaraciones – H mencionadas en esta sección, véase la sección 16

### 3.2 Mezcla

No aplicable

---

## SECCIÓN 4. Primeros auxilios

### 4.1 Descripción de los primeros auxilios

*Recomendaciones generales*

El socorrista necesita protegerse a sí mismo

Tras inhalación: aire fresco. Llamar al médico

En caso de contacto con la piel: quitar inmediatamente todas las prendas contaminadas

Aclararse la piel con agua/ducharse. Llame inmediatamente al médico

Tras contacto con los ojos: aclarar con abundante agua. Llamar inmediatamente al oftalmólogo. Retirar las lentillas

Tras ingestión: hacer beber agua (máximo 2 vasos), evitar el vómito (¡peligro de perforación!). Llame inmediatamente al médico. No proceder a pruebas de neutralización

#### **4.2 Principales síntomas y efectos, agudos y retardados**

¡Riesgo de ceguera!

Irritación y corrosión, tos, insuficiencia respiratoria, colapso, muerte

#### **4.3 Indicación de toda atención médica y de los tratamientos especiales que deban dispensarse inmediatamente**

No hay información disponible

---

### **SECCIÓN 5. Medidas de lucha contra incendios**

#### **5.1 Medios de extinción**

*Medios de extinción apropiados*

Usar medidas de extinción que sean apropiadas a las circunstancias del local y a sus alrededores

*Medios de extinción no apropiados*

No existen limitaciones de agentes extinguidores para esta sustancia o mezcla

#### **5.2 Peligros específicos derivados de la sustancia o mezcla**

No combustible

Posibilidad de formación de vapores peligrosos por incendio en el entorno

#### **5.3 Recomendaciones para el personal de lucha contra incendios**

*Equipo de protección especial para el personal de lucha contra incendios*

Permanencia en el área de riesgo sólo con sistemas de respiración artificial e independiente del ambiente. Protección de la piel mediante observación de una distancia de seguridad y uso de ropa protectora adecuada.

*Otros datos*

Reprimir los gases/vapores/neblinas con agua pulverizada. Impedir la contaminación de las aguas superficiales o subterráneas por el agua que ha servido a la extinción de incendios.

---

## **SECCIÓN 6. Medidas en caso de vertido accidental**

### **6.1 Precauciones personales, equipo de protección y procedimientos de emergencia**

Indicaciones para el personal que no forma parte de los servicios de emergencia: Evitar la inhalación de polvo. Evitar el contacto con la sustancia. Asegúrese una ventilación apropiada. Evacúe el área de peligro, respete los procedimientos de emergencia, consulte con expertos.

Consejos para el personal de emergencia:

Equipo protector véase sección 8

### **6.2 Precauciones relativas al medio ambiente**

No dejar que el producto entre en el sistema de alcantarillado

### **6.3 Métodos y material de contención y de limpieza**

Cubra las alcantarillas. Recoja una y aspire los derrames. Observe posibles restricciones de materiales (véanse indicaciones en las secciones 7 o 10). Recoger en seco y proceder a la eliminación de residuos. Aclarar. Evitar la formación de polvo.

### **6.4 Referencia a otras secciones**

Para indicaciones sobre el tratamiento de residuos, véase sección 13

---

## **SECCIÓN 7. Manipulación y almacenamiento**

### **7.1 Precauciones para una manipulación segura**

*Consejos para una manipulación segura*

Observar las indicaciones de la etiqueta

*Medidas de higiene*

Sustituir inmediatamente la ropa contaminada. Protección preventiva de la piel. Lavar cara y manos al término del trabajo.

### **7.2 Condiciones de almacenamiento seguro, incluidas posibles incompatibilidades**

*Exigencias técnicas para almacenes y recipientes*

No almacenar en recipientes de aluminio, estaño o cinc.

No usar recipientes metálicos

*Condiciones de almacenamiento*

Bien cerrado. Seco.

### **7.3 Usos específicos finales**

Fuera de los usos indicados en la sección 1.2 no se previenen aplicaciones finales adicionales.

---

## **SECCIÓN 8. Controles de exposición/protección individual**

### **8.1 Parámetros de control**

*Sodio hidróxido (1310-73-2)*

PE OEL Valor techo 2mg/m<sup>3</sup>

### **8.2 Controles de la exposición**

#### **Medidas de ingeniería**

Medidas técnicas y observación de métodos adecuados de trabajo tienen prioridad ante el uso de equipos de protección personal

Véase sección 7.1

#### **Medidas de protección individual**

Los tipos de auxiliares para protección del cuerpo deben elegirse específicamente según el puesto de trabajo en función de la concentración y cantidad de la sustancia peligrosa. Debería aclararse con el suministrador la estabilidad de los medios protectores frente a los productos químicos.

*Protección de los ojos/ la cara*

Gafas de seguridad ajustadas al contorno del rostro

*Protección de las manos*

Sumerción:

Material del guante: Caucho nitrilo

Espesor del guante: 0.11 mm

Tiempo de penetración: >480 min

Salpicaduras:

Material del guante: Caucho nitrilo

Espesor del guante: 0.11 mm

Tiempo de penetración: >480 min

Los guantes de protección indicados deben cumplir con las especificaciones de la Directiva 89/686/EEC y con su norma resultante EN374, por ejemplo KCL 741Dermatril® (sumerción), KCL 741 (salpicaduras)

Los tiempos de ruptura mencionados anteriormente han sido determinados con muestras de material de los tipos de guantes recomendados en mediciones de laboratorio de KCL según EN374

Esta recomendación solo es válida para el producto mencionado en la ficha de datos de seguridad, suministrado por nosotros y para el fin indicado. Al disolver o mezclar en otras sustancias y cuando las condiciones difieran de las indicadas en EN374, debe dirigirse al suministrador de guantes con distintivo CE (por ejem. KCL GmbH, D-36124 Eichenzell, Internet: [www.kcl.de](http://www.kcl.de))

#### *Otras medidas de protección*

Prendas de protección

#### *Protección respiratoria*

Necesaria en presencia de polvo

Tipo de filtro recomendado: Filtro P 2

El empresario debe garantizar que el mantenimiento, la limpieza y la prueba técnica de los protectores respiratorios se hagan según las instrucciones del productor de las mismas. Estas medidas deben ser documentadas debidamente.

#### **Controles de exposición medioambiental**

No dejar que el producto entre en el sistema de alcantarillado

---

## **SECCIÓN 9. Propiedades físicas y químicas**

### **9.1 Información sobre propiedades físicas y químicas básicas**

Forma	sólido
Color	Blanco
Olor	Inodoro
Umbral olfativo	No aplicable
pH	Aprox. >14
	A 100 g/l
	20° C
Punto/intervalo de fusión	319-322 °C

Punto/intervalo de ebullición	1.390 °C A 1.013hPa
Punto de inflamación	No aplicable
Tasa de evaporación	No hay información disponible
Inflamabilidad (sólido, gas)	El producto no es inflamable
Límite de explosión, inferior	No aplicable
Límite superior de explosividad	No aplicable
Presión de vapor	A 20 °C No aplicable
Densidad relativa del vapor	No hay información disponible
Densidad	2.13 g/cm <sup>3</sup> A 20°C
Densidad relativa	No hay información disponible
Solubilidad en agua	1.090 g/l A 20°C
Coefficiente de reparto n-octanol/agua	No hay información disponible
Temperatura de auto- inflamación	No hay información disponible
Temperatura de descomposición	No hay información disponible
Viscosidad, dinámica	No hay información disponible
Propiedades explosivas	No clasificado/a como explosivo/a
Propiedades comburentes	ningún

## 9.2 Otros datos

Temperatura de ignición	No aplicable
Corrosión	Puede ser corrosivo para los metales

## SECCIÓN 10. Estabilidad y reactividad

### 10.1 Reactividad

Véase sección 10.3

### 10.2 Estabilidad química

Higroscópico

### 10.3 Posibilidad de reacciones peligrosas

Posibles reacciones violentas con:

Acetona, Cloro, Óxido de etileno, flúor, haluros de hidrógeno, hidrato de hidracina, hidroxilamina, anhídridos de ácido, acroleína, cloruros de ácido, ácidos, ácido sulfúrico, cloroformo, agua, peróxido de hidrógeno/agua oxigenada, anhídridos, epiclorhidrina, fosfuros, halogenuros de halógeno, tricloroetileno, alcohol alílico

Puede descomponerse violentamente en contacto con:

Sustancias orgánicas, hidrógeno sulfuro

Peligro de ignición o de formación de gases o vapores combustibles con:

Aluminio en polvo, sales amónicas, persulfatos, sodio borohidruro, fósforo, óxidos de fósforo, hidrocarburo halogenado, metales ligeros, metales

Riesgo de explosión/reacción exotérmica con:

Bromo, calcio, pulvurulento, alcohol furfurílico, nitrometano, peróxidos, nitrocompuestos orgánicos, nitrilos, monómeros acrílicos, nitratos de plata

Cloroformo, con acetona

Nitrobenceno, con Metanol

Nitrobenceno, con sales

Magnesio, Cinc, y Estaño (en presencia de oxígeno del aire y/o humedad)

#### **10.4 Condiciones que deben evitarse**

Humedad

#### **10.5 Materiales incompatibles**

Aluminio, latón, metales, aleaciones metálicas, cinc, estaño

#### **10.6 Productos de descomposición peligrosos**

En caso de incendio: véase sección 5

---

### **SECCIÓN 11. Información toxicológica**

#### **11.1 Información sobre los efectos toxicológicos**

*Toxicidad oral agua*

Síntomas: Si es ingerido, provoca quemaduras severas de la boca y la garganta así como peligro de perforación del esófago y del estómago

*Toxicidad cutánea aguda*

Esta información no está disponible

*Irritación de la piel*

Conejo

Resultado: Provoca quemaduras

(Ficha de datos de seguridad externa)

Provoca quemaduras graves

*Irritación ocular*

Conejo

Resultado: Efectos irreversibles en los ojos

(ECHA)

Provoca lesiones oculares graves

¡Riesgo de ceguera!

*Sensibilización*

Test de parches: hombre

Resultado: negativo

(ECHA)

*Mutagenicidad en células germinales*

*Genotoxicidad in vitro*

Mutagenicidad (ensayo de células de mamífero): test micronucleus

Resultado: negativo

(Literatura)

Prueba de Ames

Resultado: negativo

(UCLID)

*Carcinogenicidad*

Esta información no está disponible

*Toxicidad para la reproducción*

Esta información no está disponible

*Teratogenicidad*

Esta información no está disponible

*Toxicidad específica en determinados órganos- exposición única*

Esta información no está disponible

*Toxicidad específica en determinados órganos- exposiciones repetidas*

Esta información no está disponible

*Peligro de aspiración*

Esta información no está disponible

## **11.2 Otros datos**

Efectos sistémicos:

Colapso, muerte

Las otras propiedades peligrosas no pueden ser excluidas

Manipular con las precauciones de higiene industrial adecuadas, y respetar las prácticas de seguridad

---

## **SECCIÓN 12. Información ecológica**

### **12.1 Toxicidad**

*Toxicidad para los peces*

CL50 *Gambusia affinis* (pez mosquito): 125 mg/l; 96 h

(Ficha de datos de seguridad externa)

*Toxicidad para las dafnias y otros invertebrados acuáticos*

CE50 *Ceriodaphnia* (pulga de agua): 40,4 mg/l; 48 h

(ECHA)

*Toxicidad para las bacterias*

CE50 *Photobacterium phosphoreum*: 22 mg/l; 15 min

(Ficha de datos de seguridad externa)

### **12,2 Persistencia y degradabilidad**

*Biodegradabilidad*

Los métodos para la determinación de la degradabilidad biológica no son aplicables para las sustancias inorgánicas.

### **12.3 Potencial de bioacumulación**

No hay información disponible

### **12.4 Movilidad en el suelo**

No hay información disponible

## 12.5 Resultados de la valoración PBT y mPmB

PBT/vPvB: no aplicable para sustancias inorgánicas

## 12.6 Otros efectos adversos

*Información ecológica complementaria*

Efecto perjudicial por desviación del pH

A pesar de la dilución forma todavía mezclas cáusticas con agua

Posible neutralización en depuradoras

La descarga en el ambiente debe ser evitada

---

## SECCIÓN 13. Consideraciones relativas a la eliminación

*Métodos para el tratamiento de residuos*

Los residuos deben eliminarse de acuerdo con normativas locales y nacionales. Deje los productos químicos en sus recipientes originales. No los mezcle con otros residuos.

Maneje los recipientes sucios como el propio producto.

Consulte en [www.retrologistik.com](http://www.retrologistik.com) sobre procesos relativos a la devolución de productos químicos o recipientes, o contáctenos si tiene más preguntas

---

## SECCIÓN 14. Información relativa al transporte

### Transporte por carretera (ADR/RID)

14.1 Número ONU	UN 1823
14.2 Designación oficial de transporte de las Naciones Unidas	Hidróxido sódico sólido
14.3 Clase	8
14.4 Grupo de embalaje	II
14.5 Peligrosas ambientalmente	--
14.6 Precauciones particulares para los usuarios	Si
Código de restricciones en túneles	E

### Transporte fluvial (ADN)

No relevante

### Transporte aéreo (IATA)

<b>14.1 Número ONU</b>	UN 1823
<b>14.2 Designación oficial de transporte de las Naciones Unidas</b>	SODIUM HYDROXIDE, SOLID
<b>14.3 Clase</b>	8
<b>14.4 Grupo de embalaje</b>	II
<b>14.5 Peligrosas ambientalmente</b>	--
<b>14.6 Precauciones particulares para los usuarios</b>	No
<b>Transporte marítimo (IMGD)</b>	
<b>14.1 Número ONU</b>	UN 1823
<b>14.2 Designación oficial de transporte de las Naciones Unidas</b>	SODIUM HYDROXIDE, SOLID
<b>14.3 Clase</b>	8
<b>14.4 Grupo de embalaje</b>	II
<b>14.5 Peligrosas ambientalmente</b>	--
<b>14.6 Precauciones particulares para los usuarios</b>	Si
EmS	F-A S-A
<b>14.7 Transporte a granel con arreglo al anexo II del Convenio Marpol 73/78 y del Código IBC</b>	
No relevante	

## **SECCIÓN 15. Información reglamentaria**

### **15.1 Reglamentación y legislación en materia de seguridad, salud y medio ambiente específicos para la sustancia o mezcla**

#### *Legislación nacional*

Clase de almacenamiento 8B

### **15.2 Evaluación de la seguridad química**

Para este producto no se realizó una valoración de la seguridad química

---

## SECCIÓN 16. Otra información

### Texto íntegro de las Declaraciones –H referidas en las secciones 2 y 3

H 290 Puede ser corrosivo para los metales

H314 Provoca quemaduras graves en la piel y lesiones oculares graves

### Consejos relativos a la formación

Debe disponer a los trabajadores la información y la formación práctica suficiente

### Etiquetado

#### *Pictogramas de peligro*



#### *Palabra de advertencia*

Peligro

#### *Indicaciones de peligro*

H290 Puede ser corrosivo para los metales

H314 Provoca quemaduras graves en la piel y lesiones oculares graves

#### *Consejos de prudencia*

#### Prevención

P280 Llevar guantes/prendas/gafas/máscara de protección

#### Intervención

P301+P330+P331 EN CASO DE INGESTIÓN: Enjuagarse la boca. NO provocar el vómito

P305+P351+P338 EN CASO DE CONTACTO CON LOS OJOS: Aclarar cuidadosamente con agua durante varios minutos. Quitar las lentes de contacto, si lleva y resulta fácil. Seguir aclarando

P308+P310 EN CASO DE exposición manifiesta o presunta: Llamar inmediatamente a un CENTRO DE TOXICOLOGÍA o a un médico.

### Una explicación de las abreviaturas y los acrónimos utilizados en la ficha de datos de seguridad

Puede consultar las abreviaturas y acrónimos utilizados en [www. wikipedia.org](http://www.wikipedia.org)

*Los datos suministrados en esta ficha de seguridad se basan a nuestro actual conocimiento. Describen tan solo las medidas de seguridad en el manejo de este producto y no representan una garantía sobre las propiedades descritas del mismo.*

Nota: De *Ficha de datos de seguridad de Hidróxido de Sodio*, por Merck, 2020, ([https://www.merckmillipore.com/PE/es/product/msds/MDA\\_CHEM-106462?Origin=PDP](https://www.merckmillipore.com/PE/es/product/msds/MDA_CHEM-106462?Origin=PDP))



# Anexo 11: Ficha de datos de seguridad de Ácido Acético

De acuerdo al Reglamento (CE) N° 1907/2006

Fecha de revisión 03.04.2020

Versión 1.8

---

## SECCIÓN 1. Identificación de la sustancia o la mezcla y de la sociedad o la empresa

### 1.1 Identificador del producto

Artículo número	101830
Denominación	Ácido acético (ácido acético glacial) 100% para análisis EMPARTA® ACS
Número de registro REACH	No hay disponible un número de registro para esta sustancia, ya que la sustancia o su uso están exentos del registro; según el artículo 2 del Reglamento REACH (CE) núm. 1097/2006, el tonelaje anual no requiere registro o dicho registro está previsto para una fecha posterior
N° CAS	64-19-7

### 1.2 Usos pertinentes identificados de la sustancia o de la mezcla y usos desaconsejados

Usos identificados	Análisis químico, producción química Para informaciones adicionales a usos refiérase al portal Merck Chemicals ( <a href="http://www.merckgroup.com">www.merckgroup.com</a> ; for USA/Canadá <a href="http://www.emdgroup.com">www.emdgroup.com</a> )
--------------------	--

### 1.3 Datos del proveedor de la ficha de datos de seguridad

Compañía	Merck KGaA*64271 Darmstadt *Alemania * Tel: + 49 615172-0
Representante regional	Merck Peruana S.A * Av. Los Frutales 220 * Lima 03 * Perú * Tel: + 51-1-618 7500 * Fax: +51-1-437 2955

### 1.4 Teléfono de emergencias En caso de urgencias: Acúdase al centro de salud más cercano

---

## SECCIÓN 2. Identificación de los peligros

### 2.1 Clasificación de la sustancia o de la mezcla

**Clasificación (REGLAMENTO (CE) N° 1272/2008)**

Líquido inflamable, categoría 3, H226

Corrosión cutánea, categoría 1ª, H314

Para el texto íntegro de las Declaraciones – H mencionadas en esta sección, véase la sección 16

## 2.2 Elementos de la etiqueta

### Etiquetado (REGLAMENTO (CE) N° 1272/2008)

#### *Pictogramas de peligro*



#### *Palabra de advertencia*

Peligro

#### *Indicaciones de peligro*

H226 Líquidos y vapores inflamables

H314 Provoca quemaduras graves en la piel y lesiones oculares graves

#### *Consejos de prudencia*

Prevención

P210 Mantener alejado de fuentes de calor

P280 Llevar guantes/prendas/gafas/máscara de protección

Intervención

P301+P330+ P331 EN CASO DE INGESTIÓN: Enjuagar la boca. No provocar el vómito.

P305+ P351+ P338 EN CASO DE CONTACTO CON LOS OJOS: Enjuagar con agua cuidadosamente durante varios minutos. Quitar las lentes de contacto cuando estén presentes y pueda hacerse con facilidad. Proseguir con el lavado.

P308+ P310 EN CASO DE exposición manifiesta o presunta: Llamar inmediatamente a un CENTRO DE TOXICOLOGÍA o a un médico

#### **Etiquetado reducido ( $\leq 125$ ml)**

#### *Pictogramas de peligro*



#### *Palabra de advertencia*

Peligro

#### *Indicaciones de peligro*

H314 Provoca quemaduras graves en la piel y lesiones oculares graves

*Consejos de prudencia*

P280 Llevar guantes/prendas/gafas/máscara de protección

P301+ P330+ P331 EN CASO DE INGESTIÓN: Enjuagar la boca. No provocar el vómito.

P305+ P351+ P338 EN CASO DE CONTACTO CON LOS OJOS: Enjuagar con agua cuidadosamente durante varios minutos. Quitar las lentes de contacto cuando estén presentes y pueda hacerse con facilidad. Proseguir con el lavado

P308+ P310+ EN CASO DE exposición manifiesta o presunta: Llamar inmediatamente a un CENTRO DE TOXICOLOGÍA o a un médico

Contiene: Ácido acético

Nº CAS 64-19-7

### 2.3 Otros peligros

Ninguna conocida

---

## SECCIÓN 3. Composición/información sobre los componentes

### 3.1 Sustancia

Formula CH<sub>3</sub>COOH C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>O<sub>2</sub> (Hill)

Nº CE 200-580-7

Masa molar 60.05 g/mol

Componentes peligrosos (REGLAMENTO (CE) N°1272/2008)

*Nombre químico (Concentración)*

Nº CAS	Número de registro	Clasificación
--------	--------------------	---------------

Ácido acético (>=80% - <=100%)		
--------------------------------	--	--

*La sustancia no cumple con los criterios de PBT o mPmB según el Reglamento (CE) núm. 1907/2006, anexo XIII*

64-19-7	*)	Líquido inflamable, categoría 3, H226 Corrosión cutánea, categoría 1A, H314
---------	----	--

\*)No hay disponible un número de registro para esta sustancia, ya que la sustancia o su uso están exentos del registro; según el artículo 2 del Reglamento REACH (CE) núm. 1097/2006, el tonelaje anual no requiere registro o dicho registro está previsto para una fecha posterior

Para el texto íntegro de las Declaraciones – H mencionadas en esta sección, véase la Sección

### 3.2 Mezcla

No aplicable

---

## SECCIÓN 4. Primeros auxilios

#### **4.1 Descripción de los primeros auxilios**

##### *Recomendaciones generales*

El socorrista necesita protegerse a sí mismo

Tras inhalación: aire fresco. Llamar al médico

En caso de contacto con la piel: Quitar inmediatamente todas las prendas contaminadas

Aclararse la piel con agua/ ducharse. Llame inmediatamente al médico

Tras contacto con los ojos: aclarar con abundante agua. Llamar inmediatamente al oftalmólogo. Retirar las lentillas

Tras ingestión: hacer beber agua (máximo 2 vasos), evitar el vómito (¡peligro de perforación!). Llame inmediatamente al médico. No proceder a pruebas de neutralización.

#### **4.2 Principales síntomas y efectos, agudos y retardados**

Irritación y corrosión, tos, náusea, vómitos, bronquitis, espasmos estomacales, insuficiencia respiratoria, shock, colapso circulatorio, pulmonía, riesgo de turbidez en la córnea

¡Riesgo de ceguera!

#### **4.3 Indicación de toda atención médica y de los tratamientos especiales que deban dispensarse inmediatamente**

No hay información disponible

---

### **SECCIÓN 5. Medidas de lucha contra incendios**

#### **5.1 Medios de extinción**

##### *Medios de extinción apropiados*

Agua, espuma, dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), polvo seco

##### *Medios de extinción no apropiados*

No existen limitaciones de agentes extinguidores para esta sustancia/mezcla

#### **5.2 Peligros específicos derivados de la sustancia o la mezcla**

Inflamable

Los vapores son más pesados que el aire y pueden expandirse a lo largo del suelo

En caso de incendio posible formación de gases de combustión o vapores peligrosos

El fuego puede provocar emanaciones de:

Vapores de ácido acético

### **5.3 Recomendaciones para el personal de lucha contra incendios**

#### *Equipo de protección especial para el personal de lucha contra incendios*

Permanencia en el área de riesgo sólo con sistemas de respiración artificial e independiente del ambiente. Protección de la piel mediante observación de una distancia de seguridad y uso de ropa protectora adecuada.

#### *Otros datos*

Reprimir los gases/vapores/neblinas con agua pulverizada

Separar el recipiente de la zona de peligro y refrigerarlo con agua. Impedir la contaminación de las aguas superficiales o subterráneas por el agua que ha servido a la extinción de incendios.

---

## **SECCIÓN 6. Medidas en caso de vertido accidental**

### **6.1 Precauciones personales, equipo de protección y procedimientos de emergencia**

Indicaciones para el personal que no forma parte de los servicios de emergencia: No respirar los vapores, aerosoles. Evitar el contacto con la sustancia. Asegúrese una ventilación apropiada. Manténgase alejado del calor y de las fuentes de ignición.

Evacúe el área de peligro, respete los procedimientos de emergencia, consulte con expertos.

Consejos para el personal de emergencia:

Equipo protector véase sección 8

### **6.2 Precauciones relativas al medio ambiente**

No dejar que el producto entre en el sistema de alcantarillado. Riesgo de explosión.

---

## **SECCIÓN 7. Manipulación y almacenamiento**

### **7.1 Precauciones para una manipulación segura**

#### *Consejos para una manipulación segura*

Observar las indicaciones de la etiqueta

#### *Indicaciones para la protección contra incendio y explosión*

Mantener apartado de las llamas abiertas, de las superficies calientes y de los focos de ignición. Tomar medidas de precaución contra descargas electrostáticas

#### *Medidas de higiene*

Sustituir inmediatamente la ropa contaminada. Protección preventiva de la piel. Lavar cara y manos al término del trabajo

### **7.2 Condiciones de almacenamiento seguro, incluidas posibles incompatibilidades**

### *Condiciones de almacenamiento*

Conservar el envase herméticamente cerrado en un lugar seco y bien ventilado.

Manténgase alejado del calor y de las fuentes de ignición

Temperatura de almacenaje recomendada indicada en la etiqueta del producto

### **7.3 Usos específicos finales**

Fuera de los usos indicados en la sección 1.2 no se previenen aplicaciones finales adicionales.

---

## **SECCIÓN 8. Controles de exposición /protección individual**

### **8.1 Parámetros de control**

#### *Ácido acético (64-19-7)*

PE OEL	Exposición de corta	15 ppm
	Duración: (STEL)	37 mg/m <sup>3</sup>
	Media ponderada en el	10 ppm
	Tiempo (TWA)	24.5 mg/m <sup>3</sup>

### **8.2 Controles de la exposición**

#### **Medidas de ingeniería**

Medidas técnicas y observación de métodos adecuados de trabajo tienen prioridad ante el uso de equipos de protección personal

Véase sección 7.1

#### **Medidas de protección individual**

Los tipos de auxiliares para protección del cuerpo deben elegirse específicamente según el puesto de trabajo en función de la concentración y cantidad de la sustancia peligrosa. Debería aclararse con el suministrador la estabilidad de los medios protectores frente a los productos químicos

#### *Protección de los ojos/la cara*

Gafas de seguridad ajustadas al contorno del rostro

#### *Protección de las manos*

Sumerción:

Material del guante:	goma butílica
Espesor del guante:	0.7 mm
Tiempo de penetración:	480 min

Salpicaduras:

Material del guante:	Latex natural
----------------------	---------------

Espesor del guante: 0.6 mm

Tiempo de penetración: 30 min

Los guantes de protección indicados deben cumplir con las especificaciones de la Directiva 89/686/EEC y con su norma resultante EN374, por ejemplo KCL 898 Butoject® (Sumerción), KCL 706 Lapren® (Salpicaduras)

Los tiempos de ruptura mencionados anteriormente han sido determinados con muestras de material de los tipos de guantes recomendados en mediciones de laboratorio de KCL según EN374

Esta recomendación sólo es válida para el producto mencionado en la ficha de datos de seguridad, suministrado por nosotros y para el fin indicado. Al disolver o mezclar en otras sustancias y cuando las condiciones difieran de las indicadas en EN374, debe dirigirse al suministrador de guantes con distintivo CE (por ejem. KCL GmbH, D-36124 Eichenzell, internet: [www.kcl.de](http://www.kcl.de))

#### *Otras medidas de protección*

Vestimenta protectora antiestática retardante de la flama

#### *Protección respiratoria*

Necesaria en presencia de vapores/ aerosoles

Tipo de filtro recomendado: Filtro E-(P2)

El empresario debe garantizar que el mantenimiento, la limpieza y la prueba técnica de los protectores respiratorios se hagan según las instrucciones del productor de las mismas. Estas medidas deben ser documentadas debidamente.

#### **Controles de exposición medioambientalmente**

No dejar que el producto entre en el sistema de alcantarillado

Riesgo de explosión

---

### **SECCIÓN 9. Propiedades físicas y químicas**

#### **9.1 Información sobre propiedades físicas y químicas básicas**

Forma	líquido
Color	Incoloro
Olor	Picante
Umbral olfativo	0.2 – 100.1 ppm
pH	2.5
	A 50 g/l

	20°C
punto de fusión	17 °C
punto/ intervalo de ebullición	116- 118°C
	A 1.013 hPa
punto de inflamación	40° C
	Método: c.c
tasa de evaporación	No hay información disponible
inflamabilidad (sólido, gas)	No hay información disponible
límite inferior de explosividad	4% (v)
límite superior de explosividad	19.9% (v)
presión de vapor	15.4 hPa
	A 20°C
densidad relativa del vapor	2.07
densidad	1.05 g/cm <sup>3</sup>
	A 20°C
densidad relativa	no hay información disponible
solubilidad en agua	602.9 g/l
	A 25 °C
coeficiente de reparto n-octanol/agua	log pow: -0.17 (25°C) (experimentalmente) (ECHA) no es de esperar una bioacumulación
temperatura de auto-inflamación	no hay información disponible
temperatura de descomposición	destilable sin descomposición a presión normal
viscosidad, dinámica	1.22 mPa.s
	A 20°C
propiedades explosivas	no clasificado/a como explosivo/a
propiedades comburente	ningún
<b>9.2 Otros datos</b>	
temperatura de ignición	485°C
viscosidad, cinemática	1.17 mm <sup>2</sup> /s
	A 20 °C

## **SECCIÓN 10. Estabilidad y reactividad**

### **10.1 Reactividad**

Las mezclas vapor/agua son explosivas con un calentamiento intenso

### **10.2 Estabilidad química**

El producto es químicamente estable bajo condiciones normales (a temperatura ambiental)

### **10.3 Posibilidad de reacciones peligrosas**

Riesgo de explosión con:

Peróxidos, ácido perclórico, óleum/ácido sulfúrico, haluros de fosforo, peróxido de hidrogeno/agua oxigenada, cromo (VI) oxido, permanganato de potasio, peróxidos, agentes oxidantes fuertes

Peligro de ignición o de formación de gases o vapores combustibles con:

Hierro, cinc, magnesio, acero dulce

Puede formarse:

Hidrogeno

Posibles reacciones violentas con:

Soluciones fuerte de hidróxidos alcalinos, aldehídos, hidróxidos alcalinos, halogenuros de no metales, etanolamina, acetaldehído, alcoholes, halogenuros de halógeno, ácido clorosulfónico, ácido cromosulfúrico, hidróxido de potasio, ácido nítrico

### **10.4 Condiciones que deben evitarse**

Calentamiento

Temperaturas <17°C

### **10.5 Materiales incompatibles**

Metales diversos

### **10.6 Productos de descomposición peligrosos**

En caso de incendio: véase sección 5

---

## **SECCIÓN 11. Información toxicológica**

### **11.1 Información sobre los efectos toxicológicos**

*Toxicidad oral aguda*

DL50 Rata: 3.310 mg/Kg

(RTECS)

Síntomas: Si es ingerido, provoca quemaduras severas de la boca y la garganta, así como peligro de perforación del esófago y del estómago, náusea vómitos, existe riesgo de aspiración al vomitar. Posible obstrucción pulmonar tras aspiración del vómito.

*Toxicidad aguda por inhalación*

LCLO Rata: 39.95 mg/l; 4h

(RTECS)

Síntomas: irritación de las mucosas, tos, insuficiencia respiratoria. Consecuencias posibles: perjudica las vías respiratorias, pulmonía, bronquitis. Su inhalación puede producir edemas en el tracto respiratorio. Los síntomas pueden retrasarse.

*Toxicidad cutánea aguda*

Esta información no está disponible

*Irritación de la piel*

Conejo

Resultado: provoca quemaduras

(IUCLID)

Provoca quemaduras graves

*Irritación ocular*

Conejo

Resultado: provoca quemaduras

(IUCLID)

Provoca lesiones oculares graves

¡Riesgo de ceguera!

*Sensibilización*

Esta información no está disponible

*Mutagenicidad en células germinales*

*Genotoxicidad in vitro*

Prueba de Ames

Salmonella typhimurium

Resultado: negativo

Método: Directrices de ensayo 471 del OECD

Mutagenicidad (ensayo de células de mamífero): ensayo de aberración cromosómica

Resultado: negativo

Método: OECD TG 473

*Carcinogenicidad*

Esta información no está disponible

*Toxicidad para la reproducción*

Esta información no está disponible

*Teratogenicidad*

No mostró efectos teratógenos en experimentos con animales (IUCLID)

*Toxicidad específica en determinados órganos- exposición única*

Esta información no está disponible

*Toxicidad específica en determinados órganos – exposiciones repetidas*

Esta información no está disponible

*Peligro de aspiración*

Esta información no está disponible

**11.2 Otros datos**

Efectos sistémicos:

Insuficiencia respiratoria, espasmos estomacales, shock, colapso circulatorio, acidosis.

Consecuencias posibles:

Perjudicial para

Riñón

Las otras propiedades peligrosas no pueden ser excluidas

Manipular con las precauciones de higiene industrial adecuadas, y respetar las prácticas de seguridad

---

SECCIÓN 12. Información ecológica

12.1 Toxicidad

*Toxicidad para los peces*

Ensayo semiestático CL50 *Oncorhynchus mykiss* (trucha irisada): >300, 8 mg/l ; 96 h

Directrices de ensayo 203 del OECD

*Toxicidad para las dafnias y otros invertebrados acuáticos*

EC5 *E. sulcatum*: 78 mg/l; 72 h

Neutro (concentración toxica limite) (literatura)

CE50 *Daphnia magna* (pulga de mar grande) : 47 mg/l; 24 h

(Literatura)

### *Toxicidad para las algas*

IC50 scenedesmus quadricauda (alga verde): 4.000 mg/l; 16 h

(Concentración toxica límite) (Literatura)

### *Toxicidad para las bacterias*

EC50 pseudomonas putida: 2.850 mg/l; 16 h

Neutro (concentración tóxica limite) (literatura)

Microtox test CE50 photobacterium phosphoreum: 11 mg/l; 15 min

(IUCLID)

## **12.2 Persistencia y degradabilidad**

### *Biodegradabilidad*

99%; 30 d

OECD TG 301D

(HSDB)

Fácilmente biodegradable

95%, 5d

OECD TG 302B

Se elimina fácilmente del agua

### *Demanda bioquímica de oxígeno (DBO)*

880 mg/g (5d)

(Literatura)

Ratio BOD/ThBOD

DBO5 76%

(IUCLID)

## **12.3 Potencial de bioacumulación**

### *Coefficiente de reparto n-octanol/agua*

Log pow: -0.17 (25°C)

(Experimentalmente)

(ECHA) no es de esperar una bioacumulación

## **12.4 Movilidad en el suelo**

No hay información disponible

## **12.5 Resultados de la valoración PBT y mPmB**

La sustancia no cumple los criterios de PBT o mPmB según el reglamento (CE) núm. 1907/2006, anexo XIII

## **12.6 Otros efectos adversos**

### *Información ecológica complementaria*

Efectos biológicos:

Efecto perjudicial por desviación del pH. Corrosivo incluso en forma diluida

La descarga en el ambiente debe ser evitada

---

## **SECCIÓN 13. Consideraciones relativas a la eliminación**

### *Métodos para el tratamiento de residuos*

Los residuos deben eliminarse de acuerdo con normativas locales y nacionales. Deje los productos químicos en sus recipientes originales. No los mezcle con otros residuos. Maneje los recipientes sucios como el propio producto.

Consulte en [www.retrologistik.com](http://www.retrologistik.com) sobre procesos relativos a la devolución de productos químicos o recipientes, o contáctenos si tiene más preguntas

---

## **SECCIÓN 14. Información relativa al transporte**

### **Transporte por carretera (ADR/RID)**

<b>14.1 Número ONU</b>	UN 2789
<b>14.2 Designación oficial de transporte de las Naciones Unidas</b>	Ácido acético glacial
<b>14.3 Clase</b>	8(3)
<b>14.4 Grupo embalaje</b>	II
<b>14.5 Peligrosas ambientalmente</b>	--
<b>14.6 Precauciones particulares para los usuarios</b>	D/E

Código de restricciones en túneles

### **Transporte fluvial (ADN)**

No relevante

### **Transporte aéreo (IATA)**

<b>14.1 Número ONU</b>	UN 2789
<b>14.2 Designación oficial de transporte de las Naciones Unidas</b>	ACETIC ACID , GLACIAL

<b>14.3 Clase</b>	8(3)
<b>14.4 Grupo de embalaje</b>	II
<b>14.5 Peligrosas ambientalmente</b>	--
<b>14.6 Precauciones particulares para los usuarios</b>	no

#### **Transporte marítimo (IMDG)**

<b>14.1 Número ONU</b>	UN 2789
<b>14.2 Designación oficial de transporte de las Naciones Unidas</b>	ACETIC ACID, GLACIAL
<b>14.3 Clase</b>	8(3)
<b>14.4 Grupo de embalaje</b>	II
<b>14.5 Peligrosas ambientalmente</b>	--
<b>14.6 Precauciones particulares para los usuarios</b>	Si
EmS	F-E S-C
<b>14.7 Transporte a granel con arreglo al anexo II del Convenio Marpol 73/78 y del Código IBC</b>	
No relevante	

#### **SECCIÓN 15. Información reglamentaria**

##### **15.1 Reglamentación y legislación en materia de seguridad, salud y medio ambiente específicos para la sustancia o la mezcla**

*Legislación nacional*

Clase de almacenamiento

##### **15.2 Evaluación de la seguridad química**

Para este producto no se realizó una valoración de la seguridad química

#### **SECCIÓN 16. Otra información**

##### **Texto íntegro de las Declaraciones – H referidas en las secciones 2 y 3**

H226 Líquidos y vapores inflamables

H314 Provoca quemaduras graves en la piel y lesiones oculares graves

##### **Consejos relativos a la formación**

Debe disponer a los trabajadores la información y la formación práctica suficiente

##### **Etiquetado**

### *Pictogramas de peligro*



### *Palabra de advertencia*

Peligro

### *Indicaciones de peligro*

H226 Líquidos y vapores inflamables

H314 Provoca quemaduras graves en la piel y lesiones oculares graves

### *Consejos de prudencia*

Prevención

P210 Mantener alejado de fuentes de calor

P280 Llevar guantes/prendas/ gafas/ máscara de protección

Intervención

P301+ P330+ P331 EN CASO DE INGESTIÓN: Enjuagar la boca. NO provocar el vómito

P305+P351+P338 EN CASO DE CONTACTO CON LOS OJOS: Enjuagar con agua cuidadosamente durante varios minutos. Quitar las lentes de contacto cuando estén presentes y pueda hacerse con facilidad. Proseguir con el lavado.

P308+ P310 EN CASO DE exposición manifiesta o presunta: Llamar inmediatamente a un CENTRO DE TOXICOLOGÍA o a un médico.

Contiene: Ácido acético

### **Una explicación de las abreviaturas y los acrónimos utilizados en la ficha de datos de seguridad**

Puede consultar las abreviaturas y acrónimos utilizados en [www. Wikipedia.org](http://www.Wikipedia.org)

*Los datos suministrados en esta ficha de seguridad se basan a nuestro actual conocimiento. Describen tan solo las medidas de seguridad en el manejo de este producto y no representan una garantía sobre las propiedades descritas del mismo.*

La marca que aparece en el encabezado y/o el pie de página de este documento puede no coincidir visualmente con el producto adquirido mientras hacemos la transición de nuestra marca. Sin embargo, toda la información del documento relativa al producto permanece sin cambios y coincide con el producto solicitado. Para más información, póngase en contacto con [mlsbranding@isial.com](mailto:mlsbranding@isial.com)

Nota: De *Ficha de datos de seguridad de Ácido acético*, por Merck, 2020, ([https://www.merckmillipore.com/PE/es/product/msds/MDA\\_CHEM-101830?Origin=PDP](https://www.merckmillipore.com/PE/es/product/msds/MDA_CHEM-101830?Origin=PDP))