



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

**Elaboración de ladrillos ecológicos a través de biosólidos de (PTAR) Planta de
Tratamiento de Aguas Residuales domésticas, Ancón, 2019**

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE
Ingeniero Ambiental

AUTOR:

Br. Rojas Huamán, Oscar Juan (ORCID: 0000-0002-6760-8526)

ASESORA:

Mg. Aliaga Martínez, María Paulina (ORCID: 0000-0003-2767-4825)

LINEA DE INVESTIGACION:

Tratamiento y Gestión de los Residuos Sólidos

LIMA-PERÚ

2019

DEDICATORIA

Dedico mi tesis en primer lugar a Dios por haberme dado las fuerzas y sabiduría para este gran reto. Asimismo, a mis padres y hermanos, puesto que son las personas más importantes en mi vida y a pesar las adversidades económicas, me han brindado su apoyo a lo largo de mi carrera universitaria. A mi padrino que desde el cielo me protege. Por último, a mi asesora, debido a que sin su apoyo no hubiera podido culminar la presente investigación.

AGRADECIMIENTOS

A Dios por haberme permitido llegar hasta aquí, y superar cada adversidad presente en mi vida.

A mis padres, las personas más importantes en mi vida, Juan Rojas y Catalina Huamán, por su amor y apoyo incondicional en todos estos años, a los cuales estaré eternamente agradecido.

A mi asesora la Mg. María Paulina Aliaga Martínez por su constante preocupación y guía en el desarrollo de mi investigación, a los Dres. Julio Ordoñez y Carlos Cabrera por la orientación y el apoyo previo al desarrollo de mi tesis y a mi alma mater la Universidad Cesar Vallejo y los docentes que me formaron todos estos años.

ÍNDICE

PÁGINA DEL JURADO	II
DEDICATORIA.....	III
AGRADECIMIENTOS.....	IV
DECLARATORIO DE AUTENTICIDAD.....	V
PRESENTACIÓN	VI
ÍNDICE DE TABLAS.....	9
ÍNDICE DE FIGURAS	11
INDICE DE GRÁFICOS	14
RESUMEN	16
ABSTRACT	17
I. INTRODUCCIÓN.....	18
II. MÉTODO	54
2.1. Metodología de la Investigación.....	54
2.1.1. Tipo de investigación	54
2.1.2. Nivel de investigación	54
2.1.3. Diseño de investigación.....	55
2.1.4. Variables de Operacionalización.....	55
2.2. Matriz de Operacionalización.....	56
2.1. Población y muestra.....	57
2.1.1. Población:	57
2.1.2. Muestra:	57
2.3. Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad.....	61
2.3.1. Materiales, equipos y reactivos utilizados en el experimento	61
2.3.2. Descripción del procedimiento	62
2.3.3. Validez.....	113

2.3.4. Validación de Expertos.....	114
2.3.5. Confiabilidad	114
2.4. Métodos de Análisis de datos	115
2.5. Aspectos éticos	115
III. RESULTADOS	116
IV. DISCUSIÓN.....	145
V. CONCLUSIONES	148
VI. RECOMENDACIONES	150
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	151
VIII. ANEXOS	158

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: <i>Composición química y física de producidos y tratados</i>	28
Tabla 2: <i>Características y cantidades de lodos típicos</i>	28
Tabla 3: <i>Concentración de metales pesados en lodos (mg/kg de biosólido)</i>	30
Tabla 4: <i>Concentración de metales y tasas de carga según regulación</i>	32
Tabla 5: <i>Clasificación de lodos según el contenido de metales pesados</i>	33
Tabla 6: <i>Límite de calidad microbiológica en los lodos</i>	34
Tabla 7: <i>Parámetros de toxicidad química</i>	34
Tabla 8: <i>Parámetros de higienización de biosólidos</i>	34
Tabla 9: <i>Reglamentación internacional</i>	35
Tabla 10: <i>Efectividad de los procesos de estabilidad de lodos</i>	37
Tabla 11: <i>Clasificación de ladrillos según su Tipo</i>	41
Tabla 12: <i>Clase de unidad de albañilería para fines estructurales</i>	41
Tabla 13: <i>Normas técnicas INTINTEC</i>	44
Tabla 14: <i>Norma Técnica Peruana E.070:2006</i>	44
Tabla 15: <i>Normas Internacionales de unidades de construcción suelo-cemento</i>	45
Tabla 16: <i>Dosificación de referencia en porcentajes</i>	47
Tabla 17: <i>Cantidad y costo de ladrillos</i>	51
Tabla 18: <i>Matriz de operacionalización de variables</i>	56
Tabla 19: <i>Cantidad de muestras</i>	59
Tabla 20: <i>Coordenadas de los puntos del cuadrante de estudio</i>	61
Tabla 21: <i>Instrumentos, materiales y equipos utilizados en el área de estudio</i>	61
Tabla 22: <i>Mediciones Iniciales IN SITU</i>	64
Tabla 23: <i>Parámetros iniciales de biosólidos</i>	68
Tabla 24: <i>Porcentaje Inicial de humedad de la muestra</i>	68
Tabla 25: <i>Porcentaje inicial de sólidos volátiles de la muestra</i>	69
Tabla 26: <i>Porcentaje inicial de ceniza de la muestra</i>	69
Tabla 27: <i>Poder calorífico de la muestra</i>	71
Tabla 28: <i>Medición EX SITU de la densidad relativa</i>	71
Tabla 29: <i>Clasificación de Mallas para granulometría</i>	72
Tabla 30: <i>Peso retenido y pasado por cada malla</i>	72
Tabla 31: <i>Textura del biosólido</i>	77
Tabla 32: <i>Propiedades del ladrillo de referencia (King Kong de 18 huecos)</i>	89
Tabla 33: <i>Primera dosificación del Ladrillo</i>	90
Tabla 34: <i>Segunda dosificación del Ladrillo</i>	91
Tabla 35: <i>Tercera dosificación del Ladrillo</i>	91
Tabla 36: <i>Cantidad necesaria de agua potable para la mezcla</i>	93
Tabla 37: <i>Parámetros iniciales de la mezcla para ladrillos al 25% de biosólidos</i>	95
Tabla 38: <i>Parámetros iniciales de la mezcla para ladrillos al 15% de biosólidos</i>	95
Tabla 39: <i>Parámetros iniciales de la mezcla para ladrillos al 10% de biosólidos</i>	95
Tabla 40: <i>Porcentajes iniciales de humedad de la mezcla para ladrillos al 25% de biosólidos</i>	96

Tabla 41: <i>Porcentajes iniciales de sólidos volátiles de la mezcla para ladrillos al 25% de biosólidos</i>	96
Tabla 42: <i>Porcentajes iniciales de ceniza de la mezcla para ladrillos al 25% de biosólidos</i>	96
Tabla 43: <i>Parámetros de la mezcla del ladrillo al 25% de biosólidos</i>	97
Tabla 44: <i>Parámetros de la mezcla del ladrillo al 15% de biosólidos</i>	97
Tabla 45: <i>Parámetros de la mezcla del ladrillo al 10% de biosólidos</i>	97
Tabla 46: <i>Relación entre el periodo de secado del ladrillo respecto al tiempo</i>	100
Tabla 47: <i>Criterios de evaluación para ensayos de adsorción</i>	109
Tabla 48: <i>Etapas del desarrollo de investigación.</i>	113
Tabla 49: <i>Validación de los instrumentos por tres expertos</i>	114
Tabla 50: <i>Tratamiento por dosificación de Cal (CaO)</i>	116
Tabla 51: <i>Resultados de análisis de metales pesados del biosólido</i>	117
Tabla 52: <i>Resultados del Análisis Microbiológico</i>	118
Tabla 53: <i>Características físicas de los ladrillos de granulometría Malla N°18</i>	119
Tabla 54: <i>Resultados de la medida del alabeo en ladrillos con biosólidos de granulometría Malla N°18</i>	123
Tabla 55: <i>Características físicas de los ladrillos de granulometría Malla N°80</i>	124
Tabla 56: <i>Resultados de la medida del alabeo en ladrillos con biosólidos de granulometría Malla N°80</i>	128
Tabla 57: <i>Características físicas de los ladrillos de granulometría Malla N°-100</i>	129
Tabla 58: <i>Resultados de la medida del alabeo en ladrillos con biosólidos de granulometría Malla N°-100</i>	133
Tabla 59: <i>Acabado final de los ladrillos ecológicos</i>	134
Tabla 60: <i>Resultados de la absorción de los ladrillos a 24 horas</i>	135
Tabla 61: <i>Resultados de la resistencia a la compresión, ladrillos Malla N° 18</i>	137
Tabla 62: <i>Resultados de la resistencia a la compresión, ladrillos Malla N° 80</i>	139
Tabla 63: <i>Resultados de la resistencia a la compresión, ladrillos Malla N° -100</i>	141
Tabla 64: <i>Resultados representativos en comparación de a la E.070</i>	143

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Normas de BTC a nivel mundial	46
Figura 2: Área poblacional de investigación.....	57
Figura 3: Delimitación del área de muestra	58
Figura 4: Área de muestra de la investigación	58
Figura 5: Patrón de muestreo – Rejillas regulares.....	60
Figura 6: Muestras recolectadas de biosólidos de la PTAR Ancón	60
Figura 7: Equipos y materiales.....	62
Figura 8: Zona de acopio de biosólidos, PTAR Ancón.....	63
Figura 9: Delimitación de la zona de acopio y medición de los puntos GPS	63
Figura 10: Recolección y pesaje del biosólido.....	64
Figura 11: Vertido de muestras del biosólido	65
Figura 12: Homogeneización inicial del biosólido	66
Figura 13: Homogeneización inicial de las muestras del biosólido	66
Figura 14: Homogeneización total de las muestras trituradas.....	67
Figura 15: Cálculo de los parámetros fisicoquímicos iniciales del biosólido	67
Figura 16: Resultados de humedad y ceniza de biosólidos.....	70
Figura 17: Resultados del Carbón Fijo en biosólidos	70
Figura 18: Biosólido tamizado a través de la malla N° 18.....	74
Figura 19: Biosólido tamizado a través de la malla N° 18.....	74
Figura 20: Biosólido tamizado a través de la malla N° -100	75
Figura 21: Resultado de las muestras en 3 tamices.....	75
Figura 22: Aplicación de la Ley de Stoke	76
Figura 23: Aplicación de la Ley de Stoke	76
Figura 24: Método del cilindro biselado	78
Figura 25: Secado de la muestra para el cálculo de la Densidad Relativa.....	78
Figura 26: Cálculo del volumen del cilindro biselado	79
Figura 27: Secado y triturado de la muestra.....	80
Figura 28: Preparación de solución de lodos con HNO ₃ Y HCL	81
Figura 29: Preparación de solución para el cálculo de la Tinción Gram	81
Figura 30: Preparación de los aditivos para la Tinción Gram.....	82
Figura 31: Fijación y secado del primer aditivo – Etanol.	83
Figura 32: Fijación y secado de lugol, alcohol de acetona y safarina	83

Figura 33: Análisis bacteriológico post Tinción Gram	84
Figura 34: Microscopía de bacterias-Filtro infrarrojo.....	84
Figura 35: Microscopía de bacterias-Filtro sepia.....	85
Figura 36: Microscopía de bacterias-Filtro Blue RAF.....	85
Figura 37: Estabilización del biosólido con Cal	86
Figura 38: Decantado de muestras de biosólido para medir pH	87
Figura 39: Medición de pH de muestras de biosólido decantadas	87
Figura 40: Tinción Gram Post-Tratamiento	88
Figura 41: Características del ladrillo convencional King Kong (18 huecos)	89
Figura 42: Dimensiones convencionales del ladrillo tipo lego.....	90
Figura 43: Dosis representativa de lodos para ladrillo ecológicos.....	91
Figura 44: Primer tratamiento de lodos para elaboración de ladrillos	92
Figura 45: Tratamiento de lodos con Cal (CaO) a través de agitador eléctrico.....	92
Figura 46: Dosificación completa para los ladrillos según granulometría y dosis de biosólido	93
Figura 47: Preparación de mezcla inicial y dosis de agua.....	94
Figura 48: Molde de ladrillo ecológico	98
Figura 49: Prensado de la mezcla a 5Tn, para elaboración de ladrillo.....	99
Figura 50: Prensado de la mezcla a 5Tn, para elaboración de ladrillo.....	99
Figura 51: Ladrillo ecológico de biosólido prensado.....	100
Figura 52: Peso inicial y final del ladrillo de Malla N° 18	102
Figura 53: Peso inicial y final del ladrillo de Malla N° 80	103
Figura 54: Peso inicial y final del ladrillo de Malla N° -100.....	104
Figura 55: Ladrillos ecológicos a base de biosólidos.....	105
Figura 56: Medición dimensional del ladrillo ecológico	106
Figura 57: Pesaje del ladrillo ecológico	106
Figura 58: Alabeo de un ladrillo	107
Figura 59: Pesaje del ladrillo ecológico	107
Figura 60: Secado de los ladrillos en estufa.....	108
Figura 61: Proceso de sumergido de ladrillos	108
Figura 62: Acabo de ladrillos cara inferior	109
Figura 63: Acabo de ladrillos cara superior	110
Figura 64: Cálculo de la carga máxima de los Ladrillos Ecológicos a base de biosólidos	110

Figura 65: Punto de ruptura del LEB de malla N°18	111
Figura 66: Punto de ruptura del LEB de malla N°18	111
Figura 67: Carga máxima total de los LEB	111
Figura 68: Ensayos de compresión. UNI-FIC	112
Figura 69: Ruptura de Ladrillos en la UNI-FI	112
Figura 70: Resultados de la Tinción Gram-Post Tratamiento.....	118

INDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1 : Flujograma de producción del ladrillo ecológico -----	49
Gráfico	
2: Comparación en el tiempo de construcción de los ladrillos-----	51
Gráfico 3: Medición de los lados del cuadrante de estudio -----	65
Gráfico 4: Granulometría del biosólido -----	73
Gráfico 5: Representación de la Textura por Stoke-----	77
Gráfico 6: Variación del peso respecto al tiempo del ladrillo Malla N° 18 al 25%. ---	101
Gráfico 7: Variación del peso respecto al tiempo del ladrillo Malla N° 80 al 25%. ---	102
Gráfico 8: Variación del peso respecto al tiempo del ladrillo Malla N° -100 al 25%. 103	
Gráfico 9: Relación entre los pesos totales respecto al tiempo de secado-----	104
Gráfico 10: Unidades experimentales -----	115
Gráfico 11: Dosis optima de estabilización del biosólido -----	117
Gráfico 12: Dimensiones de los ladrillos - Malla N° 18-----	120
Gráfico 13: Peso de los ladrillos - Malla N° 18 -----	121
Gráfico 14: Densidad de los ladrillos- Malla N° 18 -----	122
Gráfico 15: Resultados de la Medida del Alabeo – Malla N°18-----	123
Gráfico 16: Dimensiones de los ladrillos- Malla N° 80-----	125
Gráfico 17: Peso de los ladrillos - Malla N° 80 -----	126
Gráfico 18: Densidad de los ladrillos- Malla N° 18 -----	127
Gráfico 19: Resultados de la Medida del Alabeo – Malla N°80-----	128
Gráfico 20: Dimensiones de los ladrillos- Malla N° 80-----	130
Gráfico 21: Peso de los ladrillos - Malla N° -100 -----	131
Gráfico 22: Densidad de los ladrillos- Malla N° -100-----	132
Gráfico 23: Resultados de la Medida del Alabeo– Malla N°-100 -----	133
Gráfico 24: Resultados de la absorción de los ladrillos -----	136
Gráfico 25: Resultados de la resistencia a la compresión de la Malla 18 -----	138
Gráfico 26: Resultados de la resistencia a la compresión de la Malla 80-----	140
Gráfico 27: Resultados de la resistencia a la compresión de la Malla -100-----	142
Gráfico 28: Dosificación óptima para el ladrillo ecológico -----	144

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO N° 1: Matriz de Consistencia -----	158
ANEXO N° 2: Formato 1. Ficha de muestreo del Biosólido -----	159
ANEXO N° 3: Formato2. Ficha de parámetros iniciales del biosólido -----	160
ANEXO N° 4: Formato 3. Ficha de neutralización del biosólido -----	162
ANEXO N° 5: Formato 4. Ficha de composición del ladrillo ecológico -----	164
ANEXO N° 6: Formato 5. Ficha de medición de parámetros fisicomecánicos de los ladrillos ecológicos -----	166
ANEXO N° 7: Validación de Instrumentos -----	170
ANEXO N° 8: Informe y certificación de resultados -----	185
ANEXO N° 9: Ubicación de la PTAR Ancón -----	199
ANEXO N° 10: Molde para ladrillo ecológico -----	202
ANEXO N° 11: Evidencia Fotográfica -----	206
ANEXO N° 12: Llenado de Instrumentos -----	213

RESUMEN

El propósito de la presente investigación fue la elaboración de ladrillos ecológicos a través de biosólidos de (PTAR) Planta de tratamiento de aguas residuales domésticas, Ancón. Mediante un previo tratamiento de estos residuos peligrosos con Cal (CaO), en la cual se logró la estabilización de los parámetros microbiológicos y metales pesados a través de la modificación del pH llevándolo de uno inicial de 6.5 a 12, lo cual redujo las colonias microbianas presentes, llevándolos a 10^0 y mantuvo la cantidad de metales pesados más importantes como el plomo, cadmio y arsénico, por debajo de lo establecido en la Agencia de Protección Ambiental (EPA40) y La R.M N° 093-2018-VIVIENDA. Luego se calculó y estableció la dosis adecuada los biosólidos tratados y adheridos que fueron necesarios para fabricar los ladrillos ecológicos de buena calidad a través del uso de prensa hidráulica. El tipo de investigación fue aplicada, el enfoque cuantitativo, el diseño experimental. La población de biosólidos a considerar son los 32 Tn de biosólidos provenientes de la laguna secundaria de la PTAR Ancón y la muestra fue de 60kg. Además, se sometió el biosólido a tres tipos de granulometría distinta previo al tratamiento y se utilizaron 3 distintas proporciones del material y adheridos para lograr 9 tipos de ladrillos con 3 repeticiones cada una. Luego se comprobó las propiedades físicas y mecánicas del producto final a través de ensayos de resistencia a la compresión, dando como resultados que las dosis adecuadas para elaborar ladrillos son del 25% de biosólidos con granulometría de N° 18 mostrando una resistencia a la compresión en promedio, por encima del valor máximo establecido en la Norma Técnica Peruana E.070 de 249.3 Kg/cm².

Palabras claves: Biosólidos, Cal, metales pesados, microorganismos, ladrillos ecológicos.

ABSTRACT

The purpose of the present investigation was the elaboration of ecological bricks through biosolids of (PTAR) Domestic wastewater treatment plant, Ancón. Through a previous treatment of this hazardous waste with Cal (CaO), in which the stabilization of the microbiological parameters and heavy metals was achieved through the modification of the pH taking it from an initial one of 6.5 to 12, which reduced the microbial colonies present, bringing them to 10^0 and kept the amount of heavy metals such as lead, cadmium and arsenic, below the provisions of the Environmental Protection Agency (EPA40) and RM No. 093-2018-HOUSING. Then the treated and adhering biosolids that were necessary to make the ecological bricks of good quality through the use of hydraulic press were calculated and established the appropriate dose. The type of research was applied, the quantitative approach, the experimental design. The population of biosolids to be considered is the 32 Tn of biosolids from the secondary lagoon of the Ancon WWTP and the sample was 60kg. In addition, biosolids were subjected to three different types of granulometry prior to treatment and 3 different proportions of the material were used and adhered to achieve 9 types of bricks with 3 repetitions each. Then the physical and mechanical properties of the final product were checked through compression resistance tests, giving as results that the appropriate doses to make bricks are 25% of biosolids with granulometry of No. 18 showing a compressive strength on average, above the maximum value established in the Peruvian Technical Standard E.070 of 249.3 Kg / cm².

Key words: Biosolids, Lime, heavy metals, microorganisms, ecological bricks.

I. INTRODUCCIÓN

Actualmente, un gran número de poblaciones cuentan con plantas de tratamiento de aguas residuales (PTAR), las cuales tienen como propósito remover los contaminantes del agua para evitar posibles daños a la salud, al ambiente y poderlas así, usar en otras actividades; sin embargo, durante su tratamiento se forman subproductos contaminantes peligrosos como los biosólidos o lodos secos, los cuales son difíciles de tratar. En el Perú, la falta de sistemas para la disposición final adecuada de los biosólidos, por este tipo de plantas, debe ser considerados un problema de gran repercusión, social debido a que, su tratamiento posterior solo se basa en forma mínima al traslado de estos residuos tóxicos a relleno sanitarios (CHIRE Y RONDAN, 2015).

Aun así, la mayoría de biosólidos son almacenados en zonas de acopio libres al ambiente y no cuentan con un tratamiento posterior específico, pues por su composición química y biológica, propias de su origen, generan no solo impactos negativos hacia el ambiente, sino también un gasto económico que resulta ser indiferente para las entidades prestadoras de servicios (ALDANA Y PÉREZ, 2017). Además, influyen negativamente en la sociedad, generando una contaminación hacia la salud, por lo que es necesario un proceso de estabilización y una estrategia de disposición final del residuo, que posibilite su reaprovechamiento de forma segura (MARTINEZ, 2012).

En los últimos años una alternativa de reaprovechamiento, ha sido la integración de estos biosólidos, como agregados para materiales de construcción y cerámica simple (BALLARTE Y CORONADO, 2013). Implementándolos en la fabricación de ladrillos y bloques de construcción mediante el método de la elaboración de ladrillos suelo cemento, por compresión usando prensa hidráulica, la cual es una alternativa ecológica y sostenible para el ambiente y la sociedad, pues debido a sus características, generan un producto final de condiciones adecuadas, optimizando la materia prima, pudiendo así ahorrar recursos, (MEZA, 2018). Por ello, la presente investigación propone elaborar ladrillos ecológicos a base de biosólidos provenientes del tratamiento de aguas residuales domésticas, debido a que, con ello, se reforzará la justificación social, ambiental, económica y teórica que se presente demostrar, pues como ya se ha mencionado esta investigación, brindará un recurso accesible, de manera ecológica, a razón de implementar una nueva alternativa limpia, la cual ahorrará capital y recursos y a su vez implementará el conocimiento científico de la sociedad a futuro.

Finalmente, por lo ya mencionado, la presente investigación refuerza la propuesta del reaprovechamiento de los biosólidos, por medio del uso de estos como reemplazo de la arcilla en la elaboración de ladrillos ecológicos, que con una previa neutralización adecuada, se optimizará e influirá en la calidad del producto final, a razón de cumplir con los estándares de calidad, expresados en la Norma Técnica Peruana E.070- Albañilería: 2006, mediante pruebas físico mecánicas.

En la actualidad la **realidad problemática** que aqueja a la disposición final de los biosólidos representa un problema ambiental de gran repercusión, que afecta en mayor medida a los países menos desarrollados del centro y sur de América, debido a que no se cuenta con adecuados métodos de disposición final de estos residuos sólidos. (GARCÍA, GARCÍA y VACA, 2013).

La falta de lugares establecidos para la ubicación final y el tratamiento posterior de lodos residuales sin alterar las condiciones naturales del entorno es cada vez más indispensable. Para ALDANA Y PÉREZ (2013), en Colombia los sólidos residuales, provenientes del tratamiento de aguas industriales y domésticas, por lo general, no sobrepasan el 12% del volumen y son menores al 0.25 %. Para GONZALES (2015), las PTAR, generan aproximadamente el 65% de la materia sólida total en el proceso unitario de sedimentación, es decir más de 65,783.60 kg/d, [...] Las cuales no cuentan con un ningún tratamiento adecuado, generando así impactos negativos sobre el suelo, el agua superficial y a su vez el incremento de las condiciones de riesgo hacia la salud de la población, debido a sus características físicas, químicas y microbiológicas (CEDRON Y CRIBILLEROS, 2017).

Así mismo, en la ciudad de Barcelona, las PTAR, depuran anualmente más de 250 millones de m³ de agua, lo cual en un rango entre los 0,25 y 0,3 Kg por m³ de agua tratada y con ello se superpone el problema que produce el tratamiento y la eliminación de los sólidos residuales generados. (ESTRADA, 2009). En España el lodo activado genera la mayor cantidad de residuos sólidos debido a que cuenta con 709 plantas con este tipo de proceso (30.34% del total de plantas en operación), para un caudal de operación de del 65% de la población, produciendo un total de 35,324.25 Tm/mes.

En el Perú a pesar de que hay un total de 204 plantas de tratamiento de aguas residuales, son pocos los programas que han alcanzado el éxito, debido al poco interés acerca del potencial socioeconómico de las aguas residuales tratadas, por parte de las entidades prestadoras de servicios (SUNASS, 2008), a pesar de que los lodos representan el 0.4 al

5 % del volumen total de las aguas tratadas, en el proceso de su remoción, es importante considerar que solo el 15% de estos pasan por un proceso de tratamiento final y el resto son vertidos al mar.

Lima, aún no cuenta con una adecuada infraestructura para la trata completa de las aguas residuales, generando grandes cantidades de lodos (OEFA, 2014), un claro ejemplo es el PTAR de Ancón, el cual produce una carga potencial en exceso de 9,873.60 kg/día, constituyendo una creciente preocupación para su disposición final. Debido a que por sus componentes tóxicos provenientes de los metales pesados y biota microbiana presentes, generan altos costos ambientales y socioeconómicos, (CHIRE Y RONDAN, 2014).

Por tal motivo, importante resaltar que a pesar de que el tratamiento adecuado y disposición final de los lodos constituye un reto para la actualidad, afortunadamente existen políticas acerca del cuidado del ambiente y la búsqueda de diversas estrategias la recuperación y transformación de materiales de desecho en alternativas útiles para la sociedad.

Por ende, la presente investigación tiene como **antecedentes** los siguientes:

Según CHIRE Y RONDAN (2014). En su tesis titulada *Uso de los lodos generados en decantadores de una planta de tratamiento de agua potable como materia prima para la elaboración de ladrillos de construcción*. Concluyen que según la Norma Técnica Peruana (NTP) E.070 Albañilería: 2006, los lodos tienen un alto potencial técnico para la elaboración de ladrillos de Tipo I, cuya máxima proporción varía entre un 40% a 50%, y que a su vez este proceso ayudará a mitigar las elevadas contracciones de aluminio en las descargas de los lodos al sistema de drenaje.

Según MARTINEZ (2012). En su trabajo de investigación, que lleva por título *Estudio para el tratamiento, disposición final y manejo de lodos generados en plantas de tratamiento de agua residual*. Afirma que se considera factible la viabilidad del uso los lodos residuales, como agregados para elaborar materiales cerámicos destinados a la construcción, debido la cantidad de compuestos como aluminio y hierro en proporciones del 15%. Concluyendo de esta manera que se puede dar un uso al lodo mediante un tratamiento alterno capaz de reducir un 90% del volumen generado.

SANTOS, MELO FHILO Y MANZANATO (2018). En la revista Scielo, publicaron el siguiente artículo científico, *Propuesta de una cerámica obtenida por medio de geo polimerización de lodo de ETA calcinado*, en la cual fundamenta que el método de geo polimerización de los lodos generados en las estaciones de tratamiento de agua, se

produce una cerámica de producción energética baja, que pueden ser utilizados en el desarrollo materiales de construcción de elevada resistencia mecánica, concluyendo según los resultados obtenidos que el geo polímero producido es una excelente opción para el destino de lodos residuales y que estos a su vez puedan ser mejorados e incorporado por las industrias de cerámicas estructurales en forma de ladrillos y baldosas. HERNÁNDEZ, et al. (2014) en su investigación titulada, *Aprovechamiento de lodos aluminosos generados en sistemas de potabilización, mediante su incorporación como agregado en materiales de construcción*, nos dicen que, se facilita la fabricación de ladrillos cerámicos, si se logra estabilizar sus elementos tóxicos a través de variaciones de pH. Así mismo que para aprovechar este material, fue necesario efectuar análisis mineralógicos del lodo y de los materiales a ser reemplazados por este y posteriormente se midieron las características fisicomecánicas de los mismos en unidades experimentales fabricadas con diferentes porcentajes de lodo. Concluyendo que, los lodos aluminos no son un material adecuado para su incorporación debido a que la resistencia final ensayada del material arrojó un valor de 13 kg/cm². No obstante, recomienda el uso de biosólidos de plantas potabilizadoras o residuales, debido a que estas presentan mejores condiciones para su implementación en la mezcla de agregados para la construcción.

ORELLANA (2015). En su tesis titulada *Uso de los lodos, producto del tratamiento de aguas residuales, para la fabricación de ladrillos*, Concluye que los ladrillos elaborados con adiciones lodos residuales, en reemplazo de la arcilla convencional de hasta un 20%, no muestran diferencias de gran significancia con respecto a los ensayos de compresión, en comparación a los ladrillos fabricados sin adiciones residuales.

De la misma manera afirma que los ladrillos con adheridos del 15 y 12% de lodos muestran mayor capacidad de resistencia que los ladrillos sin adiciones, debido a la parte mineral inorgánica propia del compuesto facilita una mayor compactación de los espacios intersticiales en la mezcla total contenida, lo cual hizo factible y viable esta técnica de disposición final.

BALLARTE y CORONADO (2013). En su tesis titulada, *Obtención de agregados para la construcción a partir de lodos residuales de las lagunas de oxidación de la planta de tratamiento de agua residual de Covicorti-Trujillo. 2013*, ponen en práctica la elaboración de agregados para la construcción a través de la transformación de lodos residuales, utilizando estos como reemplazo de del a acilla convencional de hasta un 15%, debido a que estos, muestran características mineralógicas que con una adecuada

caracterización granulométrica de hasta 1 mm, favorecen al producto final. A la vez concluyen que esta alternativa ahorraría recursos, pues permite aprovechar las enormes cantidades de lodos generados para la obtención de un producto útil para la sociedad.

TORRES, HERNANDEZ Y PAREDES (2012). En la publicaron de su artículo en la revista Scielo, *Uso productivo de lodos de plantas de tratamiento de agua potable en la fabricación de ladrillos cerámicos*. Afirman que según los análisis granulométricos y el Límite de Atterbery, la composición mineralógica de los lodos generados en la etapa de sedimentación, estos muestran un potencial adecuado de reemplazo de los materiales indispensables para la fabricación del ladrillo en un 10%. Además, manifiestan que con valores mayores se compromete significativamente las características físicas del producto. Concluyendo que se deben explorar un mayor número de técnicas más eficientes de deshidratación de los lodos y que a su vez incrementen su potencialidad de aprovechamiento de los mismos.

Según ESTRADA (2015). En su trabajo de investigación titulado *Diseño de un plan de manejo de lodos residuales generados por plantas potabilizadoras de agua*, concluye que de acuerdo a la relación de beneficio y costo de la aplicación técnicas de disposición final y tratamiento alternativo de los biosólidos la mejor alternativa son los lechos de secado, y que a su vez estos residuos de la ETAP, debido a sus características fisicoquímicas y composición similar pueden ser aplicado en tratamientos de suelos con fines agrícolas, recuperación de sulfatos de aluminio y elaboración de productos cerámicos y de construcción.

Para IDROVO Y BERMEO, (2014) en su investigación titulada *Aprovechamiento de lodos deshidratados generados en plantas de tratamiento de agua potable y residual como agregados para materiales de construcción*, concluyen que una alternativa para la disposición final de lodos, provenientes de las estabilizadoras de agua, es la construcción, es decir agregados de este material residual en proporciones del 12 y 10% en reemplazo de las arcillas rojas utilizadas convencionalmente en cerámicas o ladrillos a partir de mezclas de estos residuos digeridos con caliza, $\text{Ca}(\text{CaO})$, carbonato de calcio (CaO_3) y otros compuestos, debido a que las condiciones propias del biosólido favorecen a una producción de un material accesiblemente económico con resultados de resistencia mayor a las 10 Tn de carga máxima.

HOLGADO Y PRADO (2015). En su investigación titulada *Diseño, elaboración y control de ladrillos suelo cemento para albañilería no estructural como alternativa para*

la construcción, nos dicen que según los estudios ya realizados, una buena alternativa sostenible de producción de materiales para la construcción son los Bloques de Tierra Comprimida (BTC) o comúnmente llamados ladrillos pensados, pues ahorran recursos y presenta gran potencial ecológico, de la misma manera sostienen que las proporciones adecuadas de materiales son un suelo con arena entre 55% – 65 %, limo entre 10 – 20% y arcilla 25%, agua del 14% en peso total del ladrillo. A la vez mencionan que el producto final muestra características adecuadas de absorción 18.1%, contenido de impurezas 1.37% y resistencia a la compresión de 84.40 kg/cm², valores que se encuentran dentro de lo adecuado y normado por la E.070.

CUPE Y JUZCAMAITA (2018). En la revista Scielo, publicaron el siguiente artículo científico, *Tratamiento de lodos residuales de una industria cervecera a través de fermentación hemolítica para la producción acelerada de abono orgánico*, nos dicen que según las investigaciones previas, los lodos residuales de PTAR Cervecería, las cuales generan grandes problemas de contaminación, pueden ser un sustrato favorable para elaborar abonos orgánicos a través del vermicompostado y fermentación hemolítica con alto potencial calidad agronómica. A la vez recomiendan que sería posible el reaprovechamiento de estos residuos, como agregados en forma mínima en materiales de construcción, que con una estabilización previa de la toxicidad de los microorganismos de hasta un 10, podrían llegar a facilitar un producto no apto para muros portantes.

ALDANA Y PÉREZ (2017). En su tesis titulada *Propuesta para el tratamiento y aprovechamiento de lodos en una PETAP convencional, caso de estudio: Planta de tratamiento de agua potable de El Espinal- Tolima*, Demuestran que se logró hallar el potencial de aprovechamiento de los lodos residuales por medio de caracterizaciones fisicoquímicas tratamientos microbiológicos. Concluyen que estos son más factibles para su aprovechamiento como adherido para materiales de construcción ya sea ladrillos, tabicones, baldosas y morteros debido a que se evidencia que el uso de lodos aluminosos favorecen a la reacción de la mezcla, pues el aluminio es importante para la resistencia de los materiales de construcción, lo cual demuestra que esta alternativa de disposición final de los biosólidos es una fuerte alternativa de aprovechamiento, además que permite el encapsulamiento de este metal y mitiga el riesgo de contaminación y exposición al mismo.

Según RODRÍGUEZ (2013), en su tesis titulada *Propuesta metodológica para tratamiento de lodos provenientes de plantas de potabilización en la sabana de Bogotá*

(*Estudio de caso Madrid, Cundinamarca*), concluye que, las alternativas para disposición final de los lodos, destacan la fijación química, la recuperación de suelos erosionados, fabricación de compost, alimento para animales y fabricación de ladrillos aislantes siendo este último una gran alternativa debido a la factibilidad de las características propias de los lodos referentes a las condiciones normales del material de construcción. Así mismo refiere a que un adecuado tratamiento de elaboración de ladrillos con adhesivos de lodos residuales, arcillas o cualquier material puzolánico en proporciones de 15 a 35% presentan características de mayor relevancia con respecto a la dureza debido a su composición en metales provenientes del propio insumo y de los tratamientos posteriores del lodo.

MOGOLLÓN Y CARRILLO (2016) en su tesis titulada *Evaluación técnica, económica y ambiental de lodos provenientes de la PTAR de la Compañía Internacional de Alimentos Agropecuarios (Cialta S.A.C.) como alternativa de aprovechamiento para producción de ladrillos cerámicos*, afirman que la adherencia de los lodos en la fabricación de ladrillos es una alternativa muy factible debido a su gran capacidad de neutralización de metales pesados. Además, presentan un alto aislamiento térmico, disminuyendo la porosidad, debido la cocción de sus compuestos orgánicos, así mismo por la resistencia que les brinda la compactación de sus componentes inorgánicos (arcillas, tierras, metales pesados, etc.) y además concluye que la proporción óptima de lodo a mezclar con la arcilla cerámica para la fabricación adecuada de ladrillos es de 10 al 20% y que este proceso genera un ahorro hídrico debido a que estos presentan un 70% de humedad y una mayor eficiencia energética en la cocción de la cerámica.

RAMÍREZ (2003), sostiene en su trabajo de investigación *Manejo de lodos producidos en la planta de tratamiento de agua potable, Planta 2, En el Municipio de Cartago*, que, en la búsqueda de soluciones para la disposición final y el manejo adecuado de los lodos, considerados desechos peligrosos, la implementación porcentual de estos, la elaboración de ladrillos cerámicos es una adecuada alternativa, debido a que muestran un peso más ligero, mayor resistencia y contracción que los ladrillos convencionales. A la vez, sostiene que es posible reemplazar la arcilla de forma total o parcial en porcentajes del 35 y 20%. De tal manera que se pueda reducir los impactos negativos que producen la mala disposición final de estos residuos sólidos.

CUSIDÓ, (2014), en su investigación titulada *Posibilidades de obtención de nuevos materiales cerámicos para la construcción a partir de lodos de depuradora como materia*

prima secundaria, concluye que una alternativa a la eliminación de los lodos residuales es el sector de la construcción debido a que se pueden considerar como materia prima secundaria para materiales de construcción cerámica de diferentes maneras, es decir, cerámicos estructurales, revestimientos cerámicos o cerámicos de arcilla expandida, los cuales dependerán de una adecuada clasificación física y del tratamiento previo que se les dé a estos residuos, pues según los resultados obtenidos, la resistencia considerable para estos cerámicos no superaron los 20 kg/cm².

La investigación tiene como **teorías relacionadas**: El *reaprovechamiento*, según el informe anual de la Gestión de Residuos Sólidos, del ministerio del ambiente, (2008). Es aquel proceso que utiliza diversos métodos para obtener un beneficio de un material, ya aprovechado, mediante alternativas como reciclaje, recuperación y reutilización. A la vez permite obtener nuevas materias primas, pues los residuos sólidos tienen alto potencial reutilizable para así minimizar y mejorar la disposición final de estos.

Los *residuos sólidos*, según el informe anual de Fiscalización Ambiental en Residuos Sólidos de la gestión municipal provincial (2014) de la OEFA, los residuos sólidos son aquellos materiales en estado sólido o semisólido desechados por su generador que a su vez carecen de valor monetario.

Para SOTO (2016), Es una sustancia o material cuyo ciclo de vida ha finiquitado, que carece de valor y que ya no se considera útil.

Según el Artículo 2 del Decreto Legislativo N° 1278 del 2016 son aquellos materiales orgánicos e inorgánicos, que son desechados luego culminar su ciclo de vida, es decir haber consumido su parte vital. Los cuales en función a ello pueden ser clasificados como:

- Residuos Peligrosos, no presentan riesgos a la salud y al ambiente.
- Residuos No Peligrosos, presentan riesgos a la salud y al ambiente.

A la vez menciona, en primer lugar, que la finalidad de la gestión integral de los residuos sólidos de nuestro país, tiene como meta, mitigar de la generación de los mismos en origen. En segundo lugar, menciona la importancia de la recuperación de y del potencial energético de los residuos en donde se garantice la salud de la sociedad y el ambiente. Finalmente describe que la utilización de los residuos como agregados en la infraestructura, constituye una gran alternativa de gestión y deberá realizarse en condiciones ambientales adecuadas, definidas en el reglamento del Decreto Legislativo del Ministerio del Ambiente.

Lodos como residuos sólidos peligrosos, son la materia sólida precipitada producida por agua y procesos de tratamiento de aguas residuales. (ORELLANA, 2015), [...] es decir son suspensiones producto de la aglomeración de los contaminantes del agua, MARQUINA y MARTINEZ (2016).

A su vez para el D.S N° 015-2017-VIVIENDA en su Reglamento para el Reaprovechamiento de los lodos generados en las PTAR, son residuos sólidos peligrosos provenientes de procesos primario o secundario, con alta carga microbiana.

GONZALES (2015), nos dice que un lodo residual es aquel, residuo que procede de las plantas de tratamiento de aguas residuales que no han pasado por un proceso de neutralización en sus tratamientos fisicoquímicos o biológicos previos.

“Presenta con una amplia variedad de materia en suspensión en diferentes consistencias composición y forma, es decir que pueden estar compuestos por varios contaminantes peligrosos, como sales, metales pesados y contaminantes orgánicos”, SERPA (2017).

Para la presente investigación se plasmó los siguientes **enfoques conceptuales**, en relación a los biosólidos de (PTAR) Planta de Tratamiento de Aguas Residuales:

Lodos residuales secos o Biosólidos, [...] el lodo residual seco o también llamado biosólido es un residuo peligroso proveniente del tratamiento del agua residual, que debido a su aglomeración y exposición libre al ambiente presente un nivel de carga microbiana mínima o nula, dependiendo del tratamiento precedente. (ORELLANA, 2015), que debido a la falta de una disposición final adecuada genera un problema para la salud y el ambiente YBAÑEZ (2018).

Estos han sido definidos por la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (EPA, Environmental Protection Agency) en su código 40 CFR 503 como "sólidos provenientes del tratamiento de las aguas residuales y estabilizados biológicamente, con suficiente concentración de nutrientes, bajo contenido de microorganismos patógenos, presencia permisible de metales pesados, que se puede utilizar como fertilizante, acondicionador o mejorador de suelos, de acuerdo con la composición fisicoquímica del biosólido y la vocación de uso del suelo".

Tipos de lodos:

- *Lodo Crudo*, es aquel que no ha recibido tratamiento alguno, por lo general produce la acidificación de la digestión y olor, (MÁRQUEZ, 2009).
- *Lodo de tratamiento primario*, compuesto por en gran cantidad por residuos sólidos aún en descomposición, de característica espesa con un porcentaje de agua entre 90% y el 95%. Presentar un gran olor desagradable, (MÁRQUEZ, 2009).
- *Lodos de precipitación química*, de olor desagradable, presentan un color negro y una descomposición más lenta, (MÁRQUEZ, 2009).
- *Lodos de tratamiento secundario*, son aquellos más ligeros, al no estar expuestos libremente no producen olor de manera tan rápida como el lodo de tratamiento primario. De color marrón, son ricos en lodo activo, presenta una humedad alta, valores entre 98,5 y 99,5 % y con una concentración de sólidos totales: 0,5 a 2 % y del 70 a 80 % de concentración de sólidos volátiles, (ORELLANA, 2015).
- *Lodos provenientes de lechos bacterianos*, son aquellos que se deterioran a menor velocidad que los lodos producidos en el tratamiento secundario. Son de color marrón y producen olores molestos, (ORELLANA, 2015).
- *Lodos digeridos*, son aquellos que se producen en la digestión aerobia, con un nivel de materia orgánica entre el 45% al 60%. De color marrón oscuro a negro sin olor fétido, (ORELLANA, 2015).

Características de los lodos, según MÁRQUEZ (2009), las características de los lodos residuales están sujetos directamente a su lugar de origen y del tratamiento que reciben en relación al tiempo de almacenamiento en las etapas de las plantas de tratamiento de aguas residuales (Ver Tabla 1).

Tabla 1: Composición química y física de producidos y tratados

CONCEPTO	UNIDAD	LODO PRIMARIO	LODO PRIMARIO DIGERIDO	LODO SECUNDARIO
Concentración de sólidos	%	5 - 9	2-5	0.8-1.2
Sólidos volátiles	% de Sólidos totales	60-80	30-60	59-88
Proteína	% de Sólidos totales	20-30	15-20	32-41
Nitrógeno (N)	% de Sólidos totales	1-4	1-3	2-5
Fósforo (P ₂ O ₅)	% de Sólidos totales	0.8-3	1-4	3-11
Óxido de potasio (K ₂ O ₂)	% de Sólidos totales	0-1	3-5	0.5-0.7
Celulosa	% de Sólidos totales	8-15	8-15	-
Hierro (FeO)	% de Sólidos totales	2 - 4	3-8	-
Óxido de silicio(SiO ₂)	% de Sólidos totales	15-20	15-20	-
pH	% de Sólidos totales	5-6	6-8	6.5-8
Alcalinidad	unidad d pH	500-1500	2500-3500	580-1100
Ácidos orgánicos	mg CaCo ₃ /l	200-2000	100-600	1100-1700
Contenido energético	mgHAc/l	23000-29000	9000-14000	19000-23000

Fuente: Márquez (2009).

Cantidades de lodos típicos, de acuerdo a METCALF, (2003); El volumen y características del lodo generado dependen mayormente del tipo de proceso del cual provengan, así como también de la humedad propia en los procesos en una PTAR (Ver Tabla 2).

Tabla 2: Características y cantidades de lodos típicos

PROCESO	GRAVEDAD ESPECÍFICA DE LOS SÓLIDOS	GRAVEDAD ESPECÍFICA DEL LODO	PRODUCCIÓN DE SÓLIDOS SECOS, KG/1000M ³
Sedimentación inicial	1.4	1.02	110-170
Lodos activados (purga)	1.25	1.005	70-100
Filtro biológico (purga)	1.45	1.025	60-100
Aireación extendida (purga)	1.3	1.015	80-120
Laguna aireada (purga)	1.3	1.01	80-120
Filtración	1.2	1.005	12 -24
Remoción algal	1.2	1.005	12-24

Sedimentación primaria con adición de cal (350-500 mg/l)	1.9	1.04	240-400
Sedimentación inicial con adición de cal (800-1,600 mg/l)	2.2	1.05	600-1,300
Filtro biológico de desbaste	1.28	1.02	-
Dentrificación con biomasa suspendida	1.2	1.005	11-30

Fuente: Metcalf (2003)

Características fisicoquímicas de los lodos residuales, dependen del origen de procedencia de los mismos, debido a que como se sabe, pasan por distintos procesos ya sea en una PTAR o en una planta de potabilizadora de agua, YBAÑEZ (2018).

Para MARQUEZ (2019), “Las propiedades de los lodos residuales dependen de factores propios de su lugar de procedencia, ya sea el método de tratamiento y el tiempo de almacenamiento y entre las más relevantes tenemos:

- *Temperatura*, depende del tipo de tratamiento a los que son sometidos, los que son tratados con bacterias anaeróbicas poseen un menor valor que un lodo primario, GONZALES (2015).
- *Color*, depende del proceso utilizado en la planta de tratamiento y la edad de los mismos. GONZALES (2015). Si el lodo es de color será café claro, se infiere que está en buen estado, en cambio sí un lodo aglomerado en mucho tiempo (con escasa oxigenación por falta de aireación) será oscuro, muy oscuro o negro, ORELLANA, (2015).
- *Textura*, característica variable que depende del tiempo. A nivel in situ, si presenta una apariencia cremosa denota que es muy joven, pero si es espeso de color oscuro es longevo, GONZALES (2015).
- *Humedad*, es la concentración de agua contenida en lodos residuales, es importante resaltar que el contenido de agua en los lodos primarios está entre 91-97% y los lodos secundarios tienen un contenido de agua de 98a 99% SERPA, (2017). Esta propiedad física puede dificultar la disposición final del residuo, debido a que mientras más húmedo sea, será más difícil almacenamiento y manejo, lo cual infiera un costo de disposición final elevado, OSORNO (2009).
- *Potencial de hidrógeno (pH)*, depende del tipo de tratamiento de los que proceden. Para Ybañez (2018) un lodo producto de sedimentación primaria muestra un pH

de 5 – 8 mientras que los lodos secundarios procedentes de tratamientos biológicos varían en un rango de 6.5 a 8.

- *Potencial Rédox*, es una medida de la actividad de los electrones. Está relacionado con el pH y con el contenido de oxígeno, en los lodos residuales condicionan a la actividad microbiana. GONZALES (2015).
- *Conductividad eléctrica*, es la concentración de las sales solubles presentes en un sustrato, la cual expresa la capacidad de un material para conducir corriente eléctrica. En los lodos residuales la conductividad varía entre 2.96 y 7.11 us/cm y depende del tipo de los mismos. GONZALES (2015).
- *Metales pesados*, para MARTIN (2018), el contenido de metales pesados en los lodos, son parámetros importantes, debido a que son un grupo de elementos químicos con alto nivel de toxicidad para los seres vivos. Según ORELLANA (2015), habitualmente se pueden hallar en los lodos residuales metales como plomo, mercurio, cromo y cadmio, cromo, níquel y arsénico; Se pueden encontrar en bajas concentraciones en las aguas, dependiendo del lugar de procedencia de las aguas tratadas, (Ver Tabla 3).

Tabla 3: Concentración de metales pesados en lodos (mg/kg de biosólido)

METAL	CONCENTRACIÓN
Cobre	1000-1750
Cadmio	20-40
Arsénico	20-40
Plomo	750-1200
Zinc	2500-4000
Molibdeno	10-25
Cromo	1000-1500
Níquel	300-400
Selenio	50-100
Mercurio	16-25

Fuente: Agencia de Protección Ambiental (EPA) N° 503.2003.

Según la Organización Mundial de la Salud, los metales pesados más peligrosos son:

- *Plomo*, peligroso de color azul grisáceo, que rara vez se encuentra en su estado natural, cuya gran mayoría proviene de residuos sólidos, procesos industriales y de la combustión del petróleo, (MARTIN 2018). En las aguas domésticas está sus

valores se encuentran entre 200-500 mg/Kg. (GONZALES, 2015). Además, altera la calidad del suelo volviéndolo alcalino afectando directamente su productividad, (PÉREZ, 2016).

- *Cadmio*, normalmente aparece asociado a otros metales, es producto del procesamiento de cobre y zinc. Es vertido a las aguas debido a sus variadas aplicaciones en instrumentos y actividad antropogénica diaria, lo que origina que los lodos residuales serán considerados residuos peligrosos”, (ORELLANA, 2015). Según PEREZ (2016), es altamente tóxico y su peligrosidad radica en su capacidad de acumularse en los seres vivos, y de su longevidad en la que puede permanecer en el suelo.
- *Arsénico*, producto de contaminación industrial o por pesticidas. El nivel máximo permitido se ha reducido a 0,01 ppm o en el agua, (MANCILLA, 2012). Según la OMS la concentración máxima de arsénico que debe tener el agua para consumo humano es de 10 µg/L. Para GONZALES (2015), “En las PETAR el arsénico se puede eliminar de forma efectiva por coagulación con sustrato de hierro o aluminio y por ablandamiento con Cal (CaO).

Las *Características biológicas en lodos residuales*, debido a su naturaleza de origen, los lodos residuales, se encuentran formados por una gran multiplicidad de colonias de microorganismos como bacterias, parásitos y virus.

El lodo residual, se encuentra formado en gran parte por microorganismos, entre los cuales resaltan la *Salmonella sp*, (*S. Typhi*), Coliformes Fecales, Huevos de Helminos y en algunos casos Hepatitis A.

- *Salmonella typhi*, bacterias móviles Gram negativas que producen sulfuro De hidrógeno (H₂S), perteneciente al género Enterobacteriaceae.
- *Coliformes totales y fecales*, especies bacterianas que influyen como indicadores de contaminación del agua (MARTIN, 2018) Se distinguen debido a que los coliformes totales comprenden a la totalidad la especie y en cambio los coliformes termotolerantes son de origen intestinal. El grupo más representativo y común es de tipo *Escherichia coli*.
- *Huevos de helmintos*, son un grupo parasitario de forma libre persistente en el agua residual y lodos crudos (MARTIN 2018), que Presentan un algo riesgo en la salud humana, el suelo y la vegetación.

La *Clasificación de los lodos*, de acuerdo a los apartados 260 y 261, dictados por la Agencia de Protección Ambiental (EPA) de los Estados Unidos, los lodos provenientes de las PTAR, se clasifican en primera instancia de acuerdo a su calidad microbiológica y al contenido de metales pesados (IDROVO Y BERMEO, 2014) (Ver Tabla 4).

A su vez estos se clasifican de la siguiente manera:

- *Lodos peligrosos*: Existen los contaminantes tóxicos.
- *Lodos no peligrosos*: La concentración de sus parámetros son inferiores a los valores decretados por la EPA.

Tabla 4: *Concentración de metales y tasas de carga según regulación*

ELEMENTO	VALORES LÍMITES (MG/KGM-SECA)	TASA DE CARGA ACUMULATIVA DEL ELEMENTO (KG/HA)	CONCENTRACIÓN DEL COMPONENTE PARA UNA CALIDAD EXCEPCIONAL (MG/KG)	TASA DE CARGA ANUAL DEL ELEMENTO (KG/HA/AÑO)*
Cadmio	85	40	40	1.9
Arsénico	75	42	42	2
Cobre	4300	1500	1500	75
Zinc	7500	2800	2800	140
Mercurio	57	17	17	0.85
Plomo	840	300	300	15
Selenio	100	100	100	5
Níquel	420	420	420	21
Molibdeno	75	-	-	-
Cromo	-	-	-	-

Fuente: Agencia de Protección Ambiental (EPA) N° 503.2003.

*Carga máxima q se permite aplicar anualmente por hectárea (VIVIENDA, 2017).

Así mismo el EPA estableció una clasificación de lodos residuales en relación a los metales pesados de dos clases, (Ver Tabla 5), en la cual uno puede ser mejor manejable, porque pueden ser aplicados y distribuidos en cualquier lugar sin restricción; Caso contrario de los lodos de segunda clase, en los cuales, por su toxicidad, se debe tener un mayor manejo exhaustivo debido a que sobrepasan los niveles del de primera clase. A pesar de ello tiene potencial su disposición final en la remediación de suelos y agricultura.

Tabla 5: Clasificación de lodos según el contenido de metales pesados

METAL	1° CLASE (MG/KG)	2° CLASE (MG/KG)
Arsénico (As)	41	75
Selenio (Se)	36	100
Zinc (Zn)	2800	7500
Plomo (Pb)	300	840
Cadmio (Cd)	39	85
Cromo (Cr)	1200	3000
Mercurio (Hg)	17	57
Níquel (Ni)	420	420

Fuente: Agencia de Protección Ambiental (EPA). N°503, 2003.

En relación a los niveles establecidos de la calidad microbiológica de la EPA y según VALDERRAMA, (2013) referente al *impacto en la salud*, los lodos se pueden clasificar como:

Lodo de tipo A, también llamado, lodos sin restricción sanitaria, son aquellos que pueden ser aplicados al suelo sin restricción alguna, debido a que no presentan riesgo para la salud. Los agentes microbianos patógenos no pueden ser detectados y presentan escaso nivel de metales pesados, (VALDERRAMA, 2013). A si mismo deben cumplir con los siguientes requisitos, presentados en la Tabla 6.

- No más de 1000 coliformes fecales /g ni más de 3 *Salmonella*/4g.
- Carecer de huevos de helmintos viables en 4g, los cuales pueden ser destruidos por compostaje o por secado térmico, tratamiento con calor o digestión aerobia termófila., pasteurización y alcalinización.

Lodo de tipo B, para VALDERRAMA (2013), son aquellos que deben someterse a tratamientos para la mitigación de agentes patógenos (Ver Tabla 6).

- No más del 2×10^6 coliformes fecales por gramo de sólidos
- Un lodo de este tipo, puede salir de la PTAR con las condiciones ya descritas o puede tratarse para llegar a ser transformado en tipo A.

Tabla 6: Límite de calidad microbiológica en los lodos

PARÁMETRO	LODO TIPO "A"	LODO TIPO "B"
Coliformes termotolerantes o <i>Salmonella</i>	<1000 NMP/g o UFC/g <3 NMP/4g	<2000000 NMP/g o UFC/g
Huevos de helminto	1 huevo viable/4g	-

Fuente: VALDERRAMA (2013).

Con respecto a la *normativa de lodos residuales*, se encontró:

En el ámbito *nacional*, que, en el Perú, el órgano que regula la legislación de lodos y el reaprovechamiento de estos es el ministerio de Vivienda a través del D.S N°015-2017-VIVIENDA, en el que señala una clasificación según las restricciones de tipo A y B (Ver Tabla 7) dependiendo de su toxicidad para su posterior clasificación como biosólido.

Tabla 7: Parámetros de toxicidad química

PARÁMETROS DE TOXICIDAD QUÍMICA EN BIOSÓLIDOS A Y B								
Clase A y B (mg/Kg)	Cd	As	Cu	Cr	Pb	Ni	Hg	Zn
	40	40	1500	1200	400	400	17	2400

Fuente: Ministerio de Vivienda. Decreto supremo N° 015-2017

A su vez los biosólidos de clase A y B, deben cumplir con los parámetros de higienización microbiana presentes en la Tabla 8.

Tabla 8: Parámetros de higienización de biosólidos

PARÁMETROS DE HIGIENIZACIÓN DE BIOSÓLIDOS		
Indicador	Clase A	Clase B
<i>Escherichia coli</i>	< 1000 NMP/1g ST	EL nivel de higienización debe cumplir con los procesos previstos en la ley general EPA 40
<i>Salmonella sp</i>	< 1 NMP/1g ST	
Huevos de Helmintos	<1 / 4g ST	

Fuente: Ministerio de Vivienda. Decreto supremo N° 015-2017

Es importante resaltar que recientemente el 13 de marzo del 2018 el Ministerio de Vivienda publicó un plano normativo para lodos y biosólidos en el Protocolo de Monitoreo de Biosólidos a través de la R.M N°093-2018-VIVIENDA, el cual fue utilizado de manera objetiva en la presente investigación.

En el ámbito *Internacional*, “[...] Existen distintas normas alrededor del mundo que regulan a los lodos de acuerdo a la calidad del proceso del cual proceden”, PEREZ (2014). Para YBAÑEZ (2018), la normativa más desarrollada a nivel mundial en el aspecto de legislación de lodos residuales es la 40 CFR 503 Agencia de Protección Ambiental (EPA40). La cual regula el manejo, tratamiento y disposición final de los lodos residuales y biosólidos, (GONZALES, 2015).

En países como Colombia y Chile, productoras en gran parte de este residuo peligroso, se abordó una comparación entre la legislación de los mismos (Ver Tabla 9), en relación a los metales pesados y sus valores máximos y mínimos, (OSPINA Y RODRIGUEZ, 2016).

Tabla 9: *Reglamentación internacional*

METALES	UNIDAD DE MEDICIÓN	ARGENTINA	COLOMBIA		CHILE		US EPA 40
			A	B	A	B	
Cadmio	mg/kg (medición en base seca)	20-40	8	40	8	40	41
Cromo		1000-1500	1000	1500	-	-	39
Plomo		750-1200	300	400	300	400	
Mercurio		16-25	10	20	10	20	300
Cobre		1000-1750	1000	1750	1000	1200	17
Níquel		300-400	80	420	80	420	1500
Arsénico		75	20	40	20	40	420

Fuente: Estudio de comparación de la reglamentación para el manejo de lodos, OSPINA Y RODRIGUEZ, (2016)

La Clasificación según el tipo de tratamiento, según VALDERRAMA (2013), ya habiéndose sometido a los fangos a una línea de tratamiento puntual para este material, se les puede denominar lodos tratados. Los cuales según el tipo de tratamiento se describirán a continuación.

- Para *el proceso de secado*, el lodo es expuesto al aire, en un lapso de tiempo de tres meses como mínimo, y requiriendo que los dos primeros meses el proceso de secado se de en condiciones en donde la temperatura diaria sea mayor a los 0°C.
- En *la estabilización térmica*, los lodos resultantes generados en los colectores de aguas residuales son denominados de tipo A, según lo especificado por

VALDERRAMA (2013) en concordancia con la norma EPA 40, y su aplicación puede darse en suelos para usos agrícolas sin ningún tipo de restricción, Sin embargo, es necesario realizar monitoreos para parámetros biológicos como salmonellas, coliformes, huevos de helmintos, entre otros.

- *El compostaje*, es el proceso de descomposición por el cual pasa la materia orgánica y en el que se obtiene un producto estable, representa la manera más viable de disponer los lodos residuales debido a que nos permite darle una disposición final y a su vez obtener un abono que mejorará la calidad y las condiciones estructurales del suelo, (TORRES et al, 2008).
- El nivel de la temperatura debe llegar hasta los 60°C para garantizar la destrucción de cualquier agente patógeno y así mismo transformar sólidos volátiles en gases de menor peligrosidad en un 35%, (OSORNO, 2009).
- *La digestión anaerobia* por otro lado, es utilizada en su mayoría en plantas de menor capacidad, su proceso depende de la agitación y del oxígeno presente en el agua para poder mantener las condiciones anaerobias, en un rango de tiempo de cuarenta a sesenta días a temperaturas no mayores de los 20°C. Otro aspecto positivo que se debe considerar son las concentraciones bajas de DBO, por lo cual se obtienen un material biológicamente estable y sin malos olores, (OSORNO, 2009).
- *Digestión anaerobia*, según OSORNO (2009), este proceso está basado en la descomposición de materia orgánica, sin presencia de oxígeno en tiempo aproximado de contención de 15 a 60 días variando sus temperaturas a 35°C, 55°C y 60°C respectivamente. La materia en descomposición presente en los lodos se puede transformar, produciendo principalmente, Dióxido de Carbono (CO₂) y gas Metano (CH₄).
- *El tratamiento químico*, hace referencia al proceso en el que se debe adicionar Cal (CaO) en determinadas dosis a los lodos para neutralizar la acidez y que su nueva composición sea de tipo alcalina, además permite reducir costos, eliminar todo tipo de bacterias y prevenir fermentaciones ácidas posteriormente, (VALDERRAMA, 2013).
- Para lograr que los lodos mantengan la estabilidad alcalina y reducidos los agentes microbiológicos, es indispensable mantener el pH en un rango mayor a las 12 unidades y se debe mantener así por lo menos 3 días como mínimo, considérese

que el valor elevado del pH permite que no se dé el crecimiento de organismos persistente como huevos de helminto, (VALDERRAMA, 2013).

En la Tabla 10, se muestra la efectividad de los procesos para la estabilización adecuada de lodos residuales.

Tabla 10: *Efectividad de los procesos de estabilidad de lodos*

EFECTIVIDAD				
Método	Reducción de olor	Eliminación de patógenos	Remoción de toxinas	Reducción de materia putrescible
Digestión aerobia	+	+	0	+
Digestión anaerobia	+	+	+	+
Cal viva (CaO)	+	++	+(2)	+
Compostaje	+	+	0	++
Tratamiento térmico	+	++	0	+

Fuente: Valderrama (2013)

+ Efectivo, 0 no efectivo, ++ muy efectivo

(2) reducción de metales

La Cal, modifica la velocidad de descomposición, así como ocasiona la reducción en los malos olores, a su vez neutraliza ácidos orgánicos producidos en las primeras etapas de descomposición, los cuales pueden bajar el pH, provocando la variación de actividad microbiana (RODRIGUEZ, 2013).

La *estabilización de lodos con Cal (CaO)*, según MENDOZA Y REYEZ (2017), Es un proceso simple, accesible y de fácil operación, en el cual ocurren los siguientes efectos:

- La adición de cal al lodo reduce olores y nivel de patógenos al aumentar el pH, hostil a la actividad biológica.
- El lodo estabilizado de esta forma pierde fácilmente de su humedad en equipos mecánicos. Se puede aplicar para fines agrícolas. Es necesario mantener un pH por encima de 12.

Además, este proceso es efectivo debido a que se obtiene como resultados:

- Un aumento de la sequedad en los lodos.

- La destrucción de los patógenos y parásitos.
- La supresión de olores
- Insolubilidad de metales pesados
- Mejoramiento de la estructura (producto seco, granuloso, fácilmente manejable).

Dosificación de Cal (CaO), la cantidad de Cal (CaO) necesaria para estabilizar a los lodos está determinada por el tipo los mismos, su composición química y la concentración de sólidos. De tal manera que concluye los lodos primarios son los que requieren menor cantidad de Cal (CaO) y los lodos activados son en mayor cantidad y a su vez los lodos estabilizados de esta manera pueden ser utilizados para la agricultura y adheridos inherentes y a su vez pueden ser descargados con toda seguridad, debido a que no presentan riesgos para el medio ambiente (MENDOZA Y REYEZ, 2017)

Entre los *factores limitantes en los lodos* tenemos:

La concentración de metales pesados, los lodos residuales y/o biosólidos muestran un considerable porcentaje de los mismos que en su mayoría son útiles para algunos organismos, sin embargo, los altos niveles de cadmio, arsénico, y plomo pueden llegar a ser perjudiciales para el ambiente, los animales y los seres humanos, razón por la cual sus niveles de concentración, no deben sobrepasar los estándares permisibles.

A la vez, de acuerdo con HERNÁNDEZ, et al. (2014), la alta presencia de los metales, puede inutilizar los lodos para métodos de disposición final, como compuestos en la agricultura, vermicompostado y agregados para materiales de construcción.

La existencia de organismos patógenos, para ALDANA Y PÉREZ (2017), debido a las condiciones en las que se producen los lodos residuales y de la composición propia de los mismos, facilita la proliferación de microorganismos bactericidas como la *Salmonella Typhi* y la *Escherichia Coli*, los cuales son tóxicos para el ambiente, afectan a la salud y dificultan su reaprovechamiento de los residuos.

A la vez lo es importante resaltar que los huevos de helmintos, son uno de los principales indicadores de contaminación microbiana en agua residuales. Por ende, para una reutilización adecuado de los lodos residuales, las concentraciones de estos patógenos deben limitarse a lo mínimo establecido en la Norma EPA 40 CFR 503, (VALDERRAMA, 2013) mostrados en la Tabla 6.

Vías de eliminación de lodos, debido a que los lodos en la mayoría de los casos son llevados a mono rellenos o incinerados, producen una alta cantidad de cenizas y contaminantes que influyen en la contaminación ambiental. (VALLARTE Y CORONADO, 2013), entre las principales medidas se encuentran:

Transporte a vertederos, vía convencional de eliminación de este tipo de residuos, que presentan, problemas de control de contaminación, transporte y acopio final, (VALLARTE Y CORONADO, 2013).

Aplicación a tierras de cultivo, según VALLARTE Y CORONADO, (2013). Es el método más amplio y barato, que se asemeja a lo tradicional con residuos orgánicos. Además, estos pueden mejorar las propiedades físicas del suelo, aumentando su productividad, mediante técnicas de vermicompostado o fermentación hemolítica simple, que controlen los aspectos tóxicos de estos residuos, razón de no causar daños productivos a futuro. (MENDOZA Y REYES, 2017).

Incineración, método en el que más se invierte recursos. Reduce el 90% de lodos y produce una ceniza principalmente mineral que se puede transportar a rellenos sanitarios, (MOGOLLÓN Y CARRILLO, 2016).

Vertimiento al mar, es una de las vías de eliminación de lodos más frecuentes en la actualidad, el cual produce uno de los problemas más dañinos de contaminación ambiental, debido a los metales y compuestos orgánicos tóxicos, presentes en los mismos. (VALLARTE Y CORONADO, 2013).

Recuperación de energía, proceso en el cual se transforma de manera termoquímica el lodo residual en petróleo y gas con potencial para ser utilizados en la industria automotriz (MARQUEZ, 2009).

El *compostado* de lodos para su posterior utilización como agregados hacia la jardinería urbana son una vía importante para la reutilización de estos residuos, los cuales deben pasar por procesos de neutralización microbiana minuciosos, caso contrario no estaría permitidos para el uso cotidiano (MARTINEZ, 2012).

Vermicompostado, es un proceso de disposición final de lodos mediante el uso de lombrices de tierra para degradar los biosólidos, transformándolos en un material enriquecido, parecido al humus, de gran potencial nutriente para la agricultura de uso comercial (MARTINEZ, 2012).

Obtención de materiales de construcción, emplear variedades de lodos procedentes de las PTAR, para la elaboración de ladrillos cerámicos, lleva consigo diferentes ventajas ya sean en sus propiedades mecánicas o físicas, entre ellas una densidad disminuida, ladrillos con menor peso, mayor durabilidad y menor cantidad de energía durante el proceso de cocción

Por otro lado, los costos para la fabricación de cerámica se subdividen en unos 25% pertenecientes a la materia prima, de igual manera otro 25% referente a los costos energéticos y por consecuencia otro 50% para cubrir la amortización y costos laborales. Visto desde panorama general utilizar lodos en matrices de cerámica trae consigo beneficios de ahorro energético durante el proceso de cocción cerámica que son aportadas por los fangos (CHIRE y RONDÁN, 2014).

La arcilla cerámica debe ser mezclada con un porcentaje de lodos no mayor al 20% sin embargo esto no garantiza del todo calidad del material, debido a que podría perderse características importantes como la adherencia creando una mezcla pobre y por ello generando una textura irregular del ladrillo. Por ello es recomendable que la dosis exacta no debe de ser menor al 10% ni mayor al 20% para mantener las condiciones ideales (CHIRE y RONDÁN, 2014).

Entre las principales **definiciones conceptuales**, respecto a los ladrillos ecológicos tenemos:

Ladrillo, “Califican como ladrillo a las unidades que por sus características como peso y volumen pueden llegar a ser manipulables con una sola mano” (Norma Técnica Peruana NTP E.070 Albañilería, 2006).

Según la Norma Técnica Peruana E.070 Albañilería (2006), la *clasificación de los ladrillos* será de acuerdo a sus propiedades mostradas en la Tabla 11, presentada a continuación.

Tabla 11: Clasificación de ladrillos según su Tipo

CLASIFICACIÓN E070	RESISTENCIA Y DURABILIDAD	CONSTRUCCIONES DE ALBAÑILERÍA	CONDICIONES DE SERVICIO
Tipo I	muy bajas	Apto	Con exigencias mínimas
Tipo II	bajas	Apto	Moderados
Tipo III	media	Apto	De uso general
Tipo IV	alta	Apto	Condiciones rigurosas
Tipo V	muy alta	Apto	Particularmente rigurosas

Fuente: Elaboración propia, 2019.

De la misma manera, Según la normativa mencionada, *la clasificación de los ladrillos para fines estructurales* tendrá las siguientes características indicadas la Tabla 12, mostrada a continuación.

Tabla 12: Clase de unidad de albañilería para fines estructurales

UNIDADES DE ALBAÑILERÍA PARA FINES ESTRUCTURALES					
CLASE	VARIACIÓN DE LA DIMENSIÓN (máxima en porcentaje)			ALABEO (máximo en mm)	RESISTENCIA CARACTERÍSTICA A COMPRESIÓN f_b mínimo en MPa (kg/cm ²) sobre área bruta
	Hasta de 100 mm	Hasta de 150 mm	Más de 150 mm		
Ladrillo I	± 8	± 6	± 4	10	4,9 (50)
Ladrillo II	± 7	± 6	± 4	8	6,9 (70)
Ladrillo III	± 5	± 4	± 3	6	9,3 (95)
Ladrillo IV	± 4	± 3	± 2	4	12,7 (130)
Ladrillo V	± 3	± 2	± 1	2	17,6 (180)
Bloque P¹	± 4	± 3	± 2	4	4,9 (50)
Bloque NP²	± 7	± 6	± 4	8	2,0 (20)

(1) Bloque usado en la construcción de muros portantes

(2) Bloque usado en la construcción de muros no portantes

Fuente: Normativa E.070

A la vez, según la Norma Técnica Peruana E.070 Albañilería (2006), los ladrillos presentan las siguientes *condiciones generales*:

Los de Tipo III, Tipo IV, y Tipo V deberá satisfacer las siguientes condiciones:

- Ausencia de compuestos extraños nódulos de naturaleza calcárea, en su interior o exterior.
- Estar bien cocido, de color uniforme sin fracturas, hendiduras o grietas u otros defectos o percances similares que perjudiquen su resistencia y durabilidad.
- No tener excesiva porosidad, ni tendrá manchas salitrosas o de otro tipo.

Para los ladrillos de Tipo I y Tipo II estas condiciones se consideran como recomendaciones.

Según GARCÍA, GRACÍA Y VACA (2013), *los componentes de un ladrillo convencional* son:

- Sílice: Componente importante que le permite al ladrillo seguir manteniendo su forma y ayuda a obtener una mayor durabilidad, sin embargo, el exceder a dosis de sílice genera en el ladrillo fragilidad posible disminución de refractariedad en relación con las arcillas.
- Alúmina: Permite una mayor la absorción del agua y a su vez le brinda plasticidad en la arcilla se recomiendo no exceder.
- Cal (CaO): Su presencia en la arcilla no sobrepasa el 10% su influencia se basa en la reducción de retracción durante el secado, además permite la sílice se funda con mayor facilidad y mejora la adherencia.
- Óxido de hierro: Su porcentaje no excede el 7%, brinda una coloración rojiza que se podría tornar azulina si se agrega en exceso, Permite una mejor durabilidad e impermeabilidad. Además, proporciona una mejor resistencia y mayor dureza al material.
- Pirita: Favorece el proceso oxidativo.

Las propiedades físicas, según las Normas Técnicas, 399.604 y 399.613 a su vez descritas en la normativa general, E070 Albañilería (2006), son:

- Dimensiones: Largo, ancho y espesor 24.5, 12.5 y 9 cm respectivamente que varían según el modelo establecido.
- Forma: Caras planas, simétricas, ortogonalidad y rectitud de las aristas.

- Partiduras: Características cualitativas que se presentan como máximo de 5% de ladrillos industriales y 10% ladrillos artesanales.
- Densidad: Criterio que se calcula de manera simple y a que su vez se relaciona de forma directa a la resistencia y perfección geométrica.
- Absorción: Es considerada la medida de la impermeabilidad del ladrillo. Sus valores por tipo se muestran en la Tabla 12.
- Alabeo: Es la medición de la curvatura (convexidad o concavidad) del producto final q se mide en una cara. Sus valores por tipo se muestran en la Tabla 12.

De la misma manera, según las Normas Técnicas, 399.604 y 399.613 a su vez descritas en la normativa general, E070 Albañilería (2006), entra *las propiedades mecánicas* encontramos:

- Carga máxima: La carga más alta que puede soportar un ladrillo bajo un periodo de tiempo.
- Resistencia a la compresión: Es el valor de esfuerzo máximo que puede soportar un ladrillo, bajo una presión o carga de aplastamiento.

Los ladrillos ecológicos, “unidades estructurales resultado de la adhesión de suelo cemento con características similares a la de un ladrillo convencional con materiales no tan inocuos, cuya fabricación no causan impactos en el ambiente, MEZA (2018). Están elaborados mediante una mezcla denominada como suelo-cemento, la cual consiste en la unión de cemento, suelo y agua, que después de ser mezcladas pasan por un proceso de compresión ya sea manual o de forma automática, lo cual brinda un resultado altamente compactado, de mayor densidad y con excelentes propiedades de resistencia, que superen en gran medida a los valores convencionales (CABO, 2011).

Además, en el proceso de su fabricación, no requieren ser cocidos en el horno, razón por la cual no contamina el ambiente.

Por otro lado, este tipo ladrillo comprimidos es superior a los de tierra apisonada y adobe, los cuales fueron usados en diversas construcciones con más de 100 años de antigüedad y que aun muestran buenas condiciones (HOLGADO Y PRADO, 2015).

Normativa en el ámbito nacional, si bien es cierto, a pesar de que en nuestro país aún no se implementa una norma propia para ladrillos suelo cemento, se cuenta con normas convencionales de ladrillos de arcilla cocida y adobe, presentadas a continuación:

En relación a los ladrillos de arcilla cocida, se tienen las primeras normas técnicas brindadas por el Instituto de Investigación Tecnológica Industrial y de Normas Técnicas (INTINTEC), presentadas en la Tabla 13.

Tabla 13: Normas técnicas INTINTEC

ELEMENTOS DE ARCILLA COCIDA	
Ladrillos de arcilla usados en albañilería	
ITINTEC 331.017	Requisitos
ITINTEC 331.018	Métodos de ensayo
ITINTEC 331.019	Muestreo y recepción

Fuente: HOLGADO Y PRADO (2015).

De la misma manera, según las Normas Técnicas Peruanas actuales, respecto a ladrillos, se presentan en la Tabla 14.

Tabla 14: Norma Técnica Peruana E.070:2006

NORMA TÉCNICA PERUANA (NTP) E.070		
NTP 399.604	Unidades de albañilería	Métodos de ensayos y muestreo de unidades de albañilería de concreto.
NTP 399.613		Métodos de ensayos y muestreo de ladrillos de arcilla usados en albañilería.

Fuente: Norma E.070:2006

Por otro lado, el adobe posee la NTP E.080:2006, la cual comprende al mismo como una unidad de construcción, estableciendo su diseño y comportamiento. Esta norma es una de más utilizadas en la construcción de con tierra simple en zonas de riesgo sísmico y determina los valores límites de su textura en arena: 20-70%, arcilla:10-20% y limo 15-25%. Además, manifiesta que no se debe utilizar material orgánico para su elaboración.

Con respecto a la *normativa en el ámbito internacional*, se presenta la Tabla 15, en donde se especifican los países pioneros que cuentan con reglamento establecido propio para las unidades de construcción suelo-cemento, respecto a las proporciones de los componentes, dimensiones, límites de resistencia, entre otros.

Tabla 15: Normas Internacionales de unidades de construcción suelo-cemento

PAÍS	NORMA	ENTIDAD	TÉCNICA		OBSERVACIONES
			ADOBE	BTC	
Bolivia	NB 1220023:2008	IBNORCA		x	Especificaciones y métodos de ensayo de bloques prensados de tierra
	NB 1220024:2008				
	NB 1220025:2008				
	NB 1220026:2008				
	NB 1220027:2008				
	NB 1220028:2008				
Brasil	NBR 8491:1986	ABNT		x	BTC estabilizado con cemento especificaciones, método de ensayo
	NBR 8492:1986				
	NBR 10832:1989				Procedimiento fabricación BTC con prensa manual hidráulica
	NBR 10833:1989				
	NBR 10834:1994				Especificaciones y métodos de ensayo de bloques de suelo-cemento
	NBR 10835:1994				
	NBR 10836:1994				
	NBR 12023:1992				
	NBR 12024:1992				
	NBR 12025:1990				
NBR 13554:1996					
Colombia	NTC 5324	ICONTEC	x		Estabilizado con cemento
España	UNE 41410:2008	AENOR		x	Primera norma Europea

Fuente: Elaboración propia, 2019.



Figura 1: Normas de BTC a nivel mundial
 Fuente: Elaboración propia, 2019.

Respecto a las *características de los ladrillos* se muestra:

Características dimensionales, para RAMIREZ (2018), Las características dimensionales, es decir geométricas presentes en los ladrillos ecológicos, son similares al ladrillo artesanal cocido común, King Kong de 18 huecos de 9x12x25cm en medidas.

Además, según MEZA (2018), existen otras medidas ya elaboradas con prensas hidráulicas con dimensiones de 25x12 x7cm o 25x12.5x10 cm, con 2 alveolos centrales de 6 cm de diámetro mayormente conocidos como de “ladrillos tipo lego”. Modelo que se tomará como base en la presente investigación, en relación con valores de referencia de ladrillo King Kong de 18 huecos normados mediante Norma Técnica Peruana (NTP) 399.613.

La composición de un ladrillo ecológico, tiene como materia prima el suelo en mayor porcentaje, teniendo también una característica física de rangos permitidos de granulometría, la cantidad de arcilla, arena y los límites de consistencia, utilizando el cemento como un elemento estabilizante y aglutinante, el cual brinda características de resistencia, durabilidad y estabilidad.

Según RAMIREZ (2018), el suelo adecuado para trabajar con cemento, es aquel que presente poca contracción por pérdida de humedad y una alta resistencia al momento del secado, lo cual se refiere a que debe tener un porcentaje de arena del 75% y 25% de limo y arcilla en volúmenes totales.

Es importante resaltar que, para la presente investigación, se demostró que las condiciones propias de los biosólidos de PTAR, si bien no pertenecen a la denominación de suelo, son adecuadas para la elaboración de un producto de buena calidad, con respecto a su granulometría y textura inicial.

A su vez el agua cumple una función importante, debido a que es el reactor que hidrata al cemento, le brinda mayor compactación y posibilita el proceso de curado del ladrillo como producto final (RAMIREZ, 2018).

No existe una dosificación establecida para el diseño de la mezcla, debido a que las consistencias están elaboradas aleatoriamente y por conveniencia. Como referencia a ello, se presenta Tabla 16 con valores similares establecidos por investigadores, de las consistencias del diseño respecto a los ladrillos suelo cemento.

Tabla 16: *Dosificación de referencia en porcentajes*

REFERENCIA	TIERRA, ACILLA	ARENA	CEMENTO
ABANTO y AKARLEY (2014)	66.67%	20.00%	13.33%
ROJAS y VIDAL (2014)	65.00%	15.00%	20.00%

Fuente: Ramírez (2018).

Proceso de elaboración, RAMÍREZ (2018), sostiene que, el proceso de elaboración de los ladrillos ecológicos es más simple que la de los ladrillos artesanales e industriales.

Para esto es necesario mezclar los materiales establecidos y humedecer con agua, de modo tal que logre una estabilización del suelo-cemento, mejorando las propiedades de la mezcla dando así resistencia y perfecta finalización a los bloques, ladrillos y pisos ecológico (CABO, 2011). Proceso que se detalla de la siguiente manera:

- *Selección:* Para lo cual, primero es necesario realizar una selección de suelo o compuesto determinado como materia prima, para luego realizar una caracterización granulométrica de las mismas, mediante un tamizado ya sea de forma manual o mecánica, (RAMÍREZ, 2018).
- *Mezcla:* Este proceso puede ser elaborado de dos maneras, de forma automática en donde solo es cuestión de agregar los materiales a una revolvedora y de forma manual (CABO, 2011).
- *Prensado:* Los ladrillos ecológicos son prensados, para aumentar su capacidad de resistencia a la compresión, para lo cual, se utilizan equipos manuales o automatizados, (RAMÍREZ, 2018).
- *Producción y acopio:* Proceso sencillo que consta de 3 a 4 personas, para optimizar la producción, pues esto permite que una persona se encargue la mezcla, otra del prensado y en el acopio de los ladrillos, en un área establecida libre de humedad. Se requiere de un personal sin alta experiencia, (RAMÍREZ, 2018).
- *Curado:* Proceso en el cual se hidrata el ladrillo, lo favorece a la resistencia del cemento, pues evita la rápida elaboración del agua que puede dañar a este compuesto (MEZA, 2017).

Flujograma de producción del ladrillo ecológico

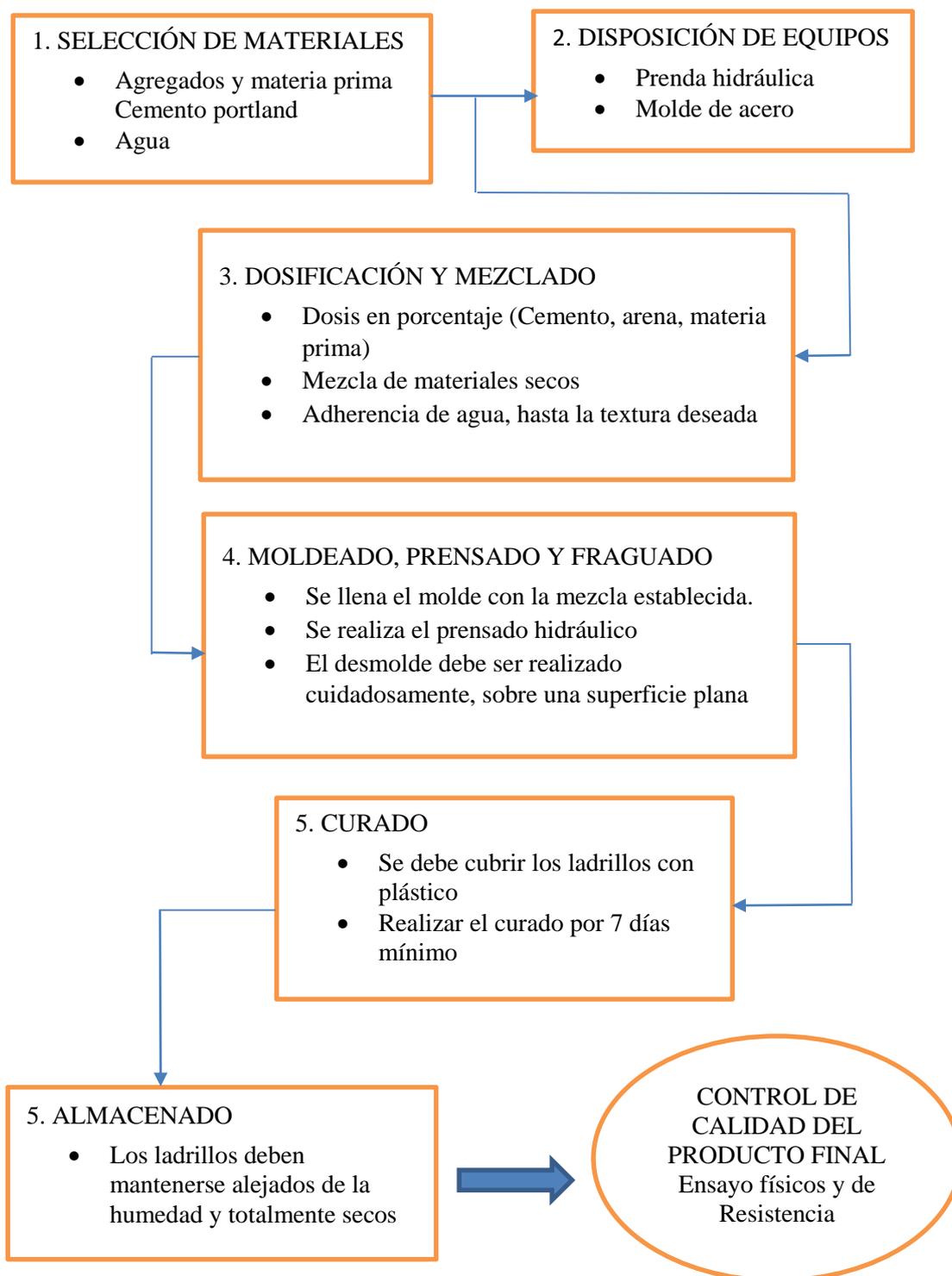


Gráfico 1 : Flujograma de producción del ladrillo ecológico

Fuente: Elaboración propia, 2019.

Los *Beneficios de los ladrillos ecológicos*, se definen por Para MEZA (2017), de la siguiente manera:

- Debido al diseño de encajamiento que tienen los ladrillos de forma modular (tipo lego), favorece a la disminución del tiempo de construcción en un 30% a comparación a lo tradicional.
- Reduce costos de construcción de hasta un 40%.
- En caso de los ladrillos tipo lego con alveolos huecos, se disminuye la carga del peso sobre las paredes, al introducir las columnas entre los alveolos, creando de esta manera una estructura más segura.
- Llega a ser hasta 6 veces más resistente que los ladrillos convencionales.
- No es necesario mano de obra especializada, para su producción y pueden ser producidos en el propio perímetro de la obra.
- Presentan un fácil acabado.

La importancia ambiental, de este tipo de ladrillos, se basa, principalmente en su forma de producción simple, a través del pensado y secado. A su vez no dependen de la quema de leña en hornos, contribuyendo de esta manera a la mitigación de las emisiones de dióxido de carbono (CO₂); Según HIDALGO, (2015) la importancia ambiental radica en:

- Obra más limpia y sin desechos.
- Presentan alveolos con encaje para una mejor fijación estructural, lo cual proporciona un aislamiento acústico y térmico, mejorando así la calidad de vida.
- Tiene potencial de reaprovechamiento, es decir puede ser elaborado con materiales convencionales, previamente tratados.
- Podría favorecer al tratamiento y gestión de los residuos sólidos.

Con respecto a la *comparación entre ladrillo convencional y ladrillo ecológico*, según aspecto económico de la producción de los ladrillos, como ejemplo, se muestran en la Tabla 17 y el Gráfico 2.

Tabla 17: Cantidad y costo de ladrillos

CANTIDAD Y COSTO DE LADRILLOS						
Descripción	Tiempo	Cantidad	Unidad	Costo Unitario	Costo Total	Ahorro
Elaboración Propia	Ladrillo Común	500	ladrillos	\$3	\$1,800.00	\$ 720.00
	Ladrillo ecológico	500	ladrillos	\$1.8	\$1,080.00	

Fuente: Hidalgo (2015).

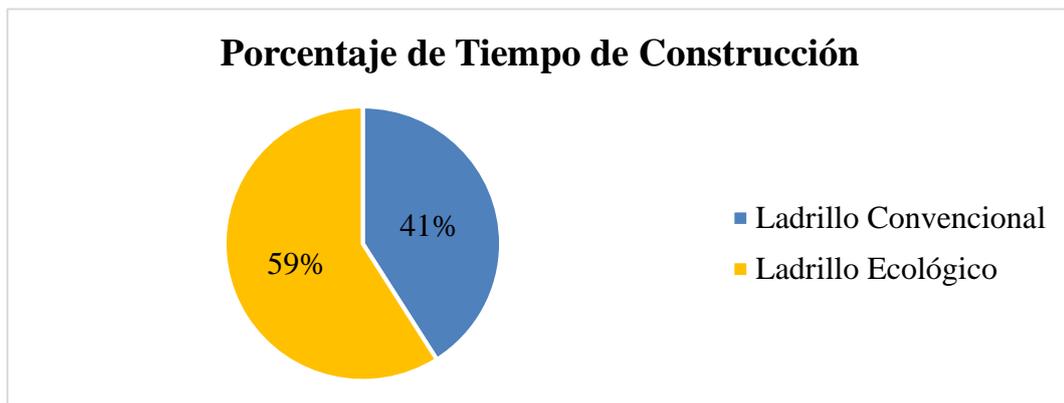


Gráfico 2: Comparación en el tiempo de construcción de los ladrillos
Fuente: Hidalgo (2015).

A su vez, como ya se ha mencionado, es importante resaltar que diversas investigaciones respaldan la reutilización de lodos en agregados cerámicos para materiales de construcción, como un método adecuado para la disposición final de este residuo sólido, debido a que ello promueve la mitigación de impactos ambientales, pues mediante su fabricación se neutralizan factores relevantes composición metálica y microbiológica, para GARCÍA, GARCÍA Y VACA (2013), la utilización de los lodos en agregados para la elaboración de ladrillos es una alternativa factible, debido a la semejanza de su composición química, la cual brinda una óptima calidad del producto de tal manera que se produce un material de buena calidad sujeto a estándares y amigable con el medio ambiente (HOLGADO Y PRADO, 2015).

El **problema general**, de la presente investigación fue: ¿Cómo se elaboran ladrillos ecológicos a base de biosólidos de (PTAR) Planta de tratamiento de aguas residuales domésticas de Ancón?, siendo sus **problemas específicos**: *Pe 1*: ¿Cuál será el pH óptimo para estabilizar los parámetros microbianos y metales pesados presentes en los biosólidos de (PTAR) Planta de tratamiento de aguas residuales domésticas de Ancón para su posterior uso en la elaboración de ladrillos ecológicos? *Pe 2*: ¿Evaluar las características físicas de los ladrillos ecológicos, elaborados con biosólidos de (PTAR) Planta de tratamiento de aguas residuales domésticas de Ancón? *Pe 3*: ¿Cuál es la carga máxima y resistencia a la compresión de los ladrillos ecológicos, elaborados con biosólidos de (PTAR) Planta de tratamiento de aguas residuales domésticas de Ancón? *Pe 4*: ¿Cuál será la dosis adecuada de biosólidos de (PTAR) Planta de tratamiento de aguas residuales domésticas de Ancón que se debe utilizar para elaborar ladrillos ecológicos?

La justificación de la investigación, contiene una *justificación social*, debido a que, en primer lugar, se pretende dar solución y complementar al problema de la disposición final de los biosólidos provenientes del tratamiento de las aguas servidas, debido a que estos residuos sólidos inestables y tóxicos afectan directamente al entorno, es decir causan una alteración del ecosistema y a la calidad de vida de la sociedad. Una *justificación ambiental*, la cual promueve la elaboración de ladrillos de manera ecológica, a razón de implementar una nueva alternativa limpia de disposición final de los biosólidos mediante la producción de este material, que beneficiará a su vez a las empresas de potabilización de agua, promoverá un mejor desarrollo ambiental y favorecerá a la población vulnerable. Así mismo una *justificación económica*, en la que se busca brindar un recurso accesible para los pobladores carentes de una buena estabilidad económica brindándole una buena calidad de vida y contribuirá a una mejor gestión de residuos, además no necesita de mano de obra especializada ni de grandes de industrias de producción, por lo cual es una alternativa que ahorra capital y recursos. Y finalmente una *justificación teórica*, la cual espera ayudar al conocimiento científico y brindar a la sociedad un marco de referencia adecuado sobre la transformación de biosólidos residuales en ladrillos el cual, permita proponer nuevas soluciones para la disposición final de estos y así ayudar a mitigar los problemas de contaminación actuales y a futuro.

Con respecto a la **hipótesis general** de la investigación, se definió la siguiente: *H0*: Los biosólidos de (PTAR) Planta de tratamiento de aguas residuales domésticas de Ancón posibilitan la elaboración de ladrillos ecológicos. Con su *Ha*: Los biosólidos de (PTAR) Planta de tratamiento de aguas residuales domésticas de Ancón, no posibilitan la elaboración de ladrillos ecológicos.

De la misma manera sus **hipótesis específicas** fueron: *H0*: El pH óptimo para estabilizar los parámetros microbianos y metales pesados presentes en los biosólidos de (PTAR) Planta de tratamiento de aguas residuales domésticas de Ancón para su posterior uso en la elaboración de ladrillos ecológicos es 12. Con su *H1*: El pH óptimo para estabilizar los parámetros microbianos y metales pesados presentes en los biosólidos de (PTAR) Planta de tratamiento de aguas residuales domésticas, Ancón para su posterior uso en la elaboración de ladrillos ecológicos, no es 12. *H0*: Las características físicas de los ladrillos ecológicos, elaborados con biosólidos de (PTAR) Planta de tratamiento de aguas residuales domésticas de Ancón, se encuentran dentro de lo establecido en la E.070 y presentan acabados lisos. Con su *H2*: Las características físicas de los ladrillos ecológicos, elaborados con biosólidos de (PTAR) Planta de tratamiento de aguas residuales domésticas de Ancón, no se encuentran dentro de lo establecido en la E.070 ni presentan acabados lisos. Con su *H0*: La carga máxima y resistencia a la compresión de los ladrillos ecológicos, elaborados con biosólidos de (PTAR) Planta de tratamiento de aguas residuales domésticas de Ancón son altas. Con su *H3*: La carga máxima y resistencia a la compresión de los ladrillos ecológicos, elaborados con biosólidos de (PTAR) Planta de tratamiento de aguas residuales domésticas de Ancón, no son altas. *H0*: La dosis adecuada de biosólidos de (PTAR) Planta de tratamiento de aguas residuales domésticas de Ancón que se debe utilizar para elaborar ladrillos ecológicos, es del 15% del total de la mezcla. Con su *H4*: La dosis adecuada de biosólidos de (PTAR) Planta de tratamiento de aguas residuales domésticas de Ancón que se debe utilizar para elaborar ladrillos ecológicos, no es del 15% del total de la mezcla.

El **objetivo general** de la presente investigación fue: Elaborar ladrillos ecológicos a través de biosólidos de (PTAR) Planta de tratamiento de aguas residuales domésticas de Ancón.

De la misma manera los **objetivos específicos** fueron: *Oe 1*: Determinar el pH de estabilización en los parámetros microbianos y metales pesados presentes en los biosólidos de (PTAR) Planta de tratamiento de aguas residuales domésticas de Ancón,

para su posterior uso en la elaboración de ladrillos ecológicos. *Oe 2*: Determinar las características físicas de los ladrillos ecológicos, elaborados con biosólidos de (PTAR) Planta de tratamiento de aguas residuales domésticas de Ancón. *Oe 3*: Determinar la carga máxima y resistencia a la compresión de los ladrillos ecológicos, elaborados con biosólidos de (PTAR) Planta de tratamiento de aguas residuales domésticas de Ancón. *Oe 4*: Determinar la dosis adecuada biosólidos de (PTAR) Planta de tratamiento de aguas residuales domésticas de Ancón que se debe utilizar para elaborar ladrillos ecológicos.

II. MÉTODO

2.1. Metodología de la Investigación

2.1.1. Tipo de investigación

La investigación es de tipo aplicada debido a que se intenta dar solución al problema de la disposición final de los lodos provenientes del tratamiento de aguas residuales, aplicando una técnica de reutilización y transformación de estos en ladrillos.

Según RODRÍGUEZ, FERNANDEZ Y BAPTISTA (2010), “Una investigación es de tipo aplicada, cuando tiene como objetivo dar resolución a problemas prácticos de forma didáctica a razón de mejorar el índole educativo, realizando aportaciones al conocimiento teórico es posterior”.

2.1.2. Nivel de investigación

La investigación es explicativa, debido ha debido a que, se busca elaborar un producto final (ladrillo ecológico) con el objetivo de reducir los lodos residuales.

Según RODRÍGUEZ, FERNANDEZ Y BAPTISTA (2010), “El nivel explicativo, se encarga de desarrollar el grado de relación no causal que existen en las variables de estudio”.

2.1.3. Diseño de investigación

Para verificar los supuestos de la presente investigación se ha seleccionado un diseño de investigación pre-experimental, con un enfoque de ensayo y error debido a que se presenta más de un grupo de control, donde se van a medir diferentes dosis de biosólidos agregadas a la fabricación de ladrillos, (RODRÍGUEZ, FERNANDEZ Y BAPTISTA, 2010).

Longitudinal, este tipo de diseño según, RODRÍGUEZ, FERNANDEZ Y BAPTISTA (2010), se refieren a que se recolecta información en diferentes momentos para analizar los cambios que se logran a través del proceso.

2.1.4. Variables de Operacionalización

- **Variable Independiente:** Biosólidos tratados.
- **Variable Dependiente:** Ladrillos ecológicos.

En la Tabla 18, se muestra la matriz de operacionalización de variables que está contemplada en la presente propuesta de investigación.

2.2. Matriz de Operacionalización

Tabla 18: Matriz de operacionalización de variables

VARIABLES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	ESCALA DE MEDICIÓN
Biosólidos tratados VARIABLE INDEPENDIENTE	“Son residuos que se producen en gran cantidad, con mayor facilidad de uso y manipulación, con bajos índices de microorganismos y procesos de putrefacción de materia orgánica, mínima o nula” VIVIENDA (2017).	Es un subproducto del tratamiento de las aguas residuales que por su composición inerte, propiedades fisicoquímicas y posterior neutralización microbiológica y metales pesados, presenta una amplia variedad de potencial reutilizable.	Propiedades Físicas del lodo seco	Granulometría	Malla (mm)
				Temperatura	C°
				Textura: Arenoso-limoso-arcilloso	%
				Densidad relativa	g/cm3
				Humedad	%
				Sólidos volátiles	%
				Ceniza	%
				Poder Calorífico	Kcal/Kg
			Propiedades químicas del lodo seco	pH	Ácido - base
				Potencial Rédox	uS/cm
				Conductividad eléctrica	%
			Parámetros microbiológicos	<i>Escherichia Coli</i>	NMP/g
				Huevos de helminto	<1 huevo viable/4g
				<i>Salmonella typhi</i>	NMP/g
			Metales pesados	Plomo	mg/Kg
				Cadmio	mg/Kg
				Arsénico	mg/Kg
			Neutralización del lodo seco	pH de neutralización	Ácido - base
				Dosificación de Cal	g/Kg
			Neutralización de metales pesados	pH de neutralización	Ácido - base
Ladrillos ecológicos VARIABLE DEPENDIENTE	“Material de construcción, normalmente cerámico y con forma ortoédrica de utilización práctica” (Norma Técnica E.70 albañería 2006)	La fabricación de ladrillos con adheridos de lodos seco residual ya neutralizados induce ventajas en las propiedades físicas y mecánicas de los mismos como baja densidad, ladrillos aligerados y mayor resistencia y confiabilidad estructural.	Características físicas del ladrillo ecológico	Peso	g
				Volumen	cm3
				Acabado	Liso-rugoso
				Alabeo	mm
				Densidad	g/cm3
				Dimensiones	cm
				Absorción	%
			Resistencia y confiabilidad estructural	Carga Máxima	Kg
				Resistencia al concreto	Kg/cm2
			Proporción óptima del ladrillo ecológico	Cantidad de biosólido	g/Kg
				Cantidad de Sílice(fino)	g/Kg
				Cantidad de Sílice(grueso)	g/Kg
				Cantidad de Portland	g/Kg

Fuente: Elaboración propia, 2019.

2.1. Población y muestra

2.1.1. Población:

La población de estudio estuvo representada por 32 Toneladas de biosólidos, fruto del tratamiento de aguas residuales domésticas de laguna de oxidación secundaria, provenientes de la Planta de Aguas Residuales Ancón, depositados en un área de 6203.8m², (Ver Figura 2).



Figura 2: Área poblacional de investigación

2.1.2. Muestra:

Para la elaboración de ladrillos ecológicos a través de biosólidos provenientes de la PETAR Ancón. Primero se definió un área de muestra de 1686 m², (Ver Figura 3 y 4).



Figura 3: Delimitación del área de muestra

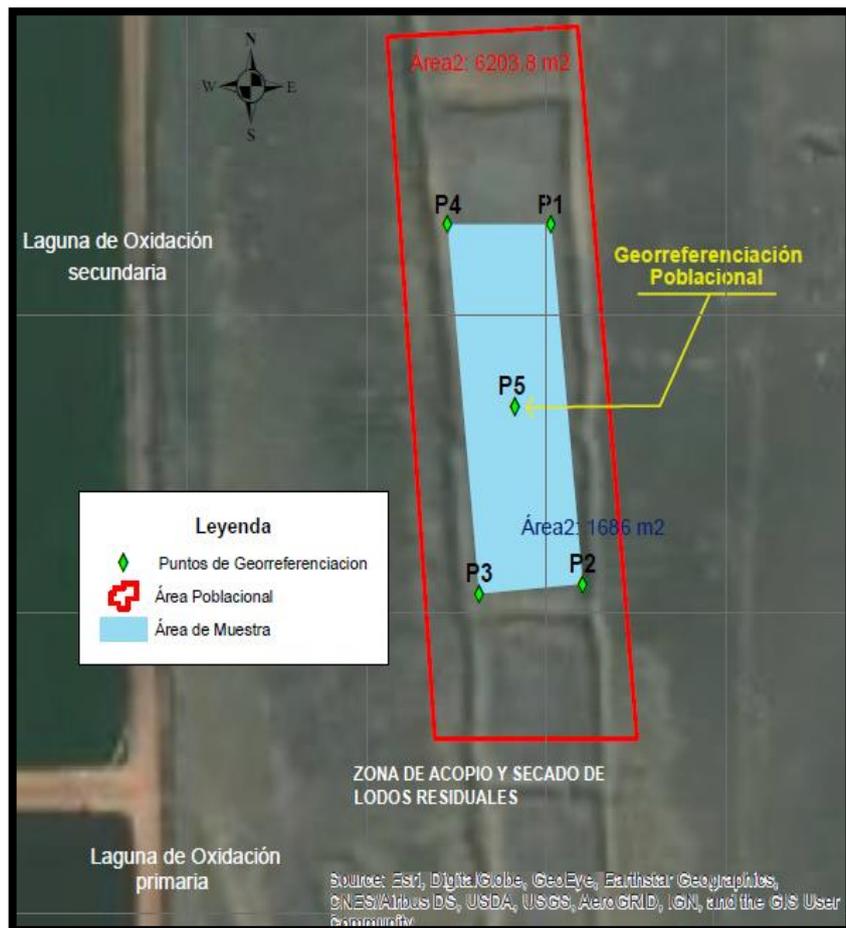


Figura 4: Área de muestra de la investigación

La muestra estuvo representada por 60kg de biosólidos, los cuales se distribuyeron proporcionalmente en tres grupos a razón de fabricar 3 ladrillos en cada uno. Las muestras fueron debidamente rotuladas y llevadas al laboratorio para realizar los análisis de sus propiedades físicas, químicas y microbiológicas correspondientes. (Ver Figura 4)

Unidad de análisis

Los biosólidos depositados de la segunda laguna de oxidación de la PTAR Ancón.

Muestreo:

El muestreo empleado fue probabilístico de tipo direccional, en donde los puntos son elegidos a través del criterio del investigador para lograr identificar las características del biosólido necesarias para la presente investigación.

Se aplicó un muestreo aleatorio simple de manera superficial, en la cual se utilizó la forma de rejillas regulares la cual se avaló en el Protocolo de Monitoreo de Biosólidos especificado en la Resolución Ministerial N° 093-2018-VIVIENDA. (Ver Tabla 19).

Tabla 19: *Cantidad de muestras*

TAMAÑO DE LA PTAR EN CAUDAL EN L/S	CANTIDAD MÍNIMA DE MUESTRAS PUNTUALES (N) PARA PREPARAR MUESTRA COMPUESTA)	NÚMERO DE MUESTRAS COMPUESTAS PREPARADAS A PARTIR DE MUESTRAS PUNTUALES (N), A ANALIZAR
≥10<100	27	1

Fuente: Ministerio de Vivienda. Decreto supremo N° 015-2017

Así se tomaron 30 puntos muestrales (Ver Figura 5), de 2 Kg cada una, la cuales fueron almacenadas y rotuladas en bolsas especiales para residuos sólidos peligrosos para su posterior análisis en laboratorio, (Ver Figura 6).



Figura 5: Patrón de muestreo – Rejillas regulares.



Figura 6: Muestras recolectadas de biosólidos de la PTAR Ancón

Localización del área de estudio

La planta de tratamiento de agua residual Ancón, se encuentra en el distrito de Ancón en la Provincia de Lima y el Departamento de Lima (ANEXO N°9) y presenta las siguientes coordenadas (Ver Tabla 20).

Tabla 20: *Coordenadas de los puntos del cuadrante de estudio.*

PUNTOS	COORDENADAS (UTM) WGS 84	ALTURA
N° 01	X: 0263881	29.5 m
	Y: 8699678	
N° 02	X: 0263888	29.5 m
	Y: 8699606	
N° 03	X: 0263865	29.5 m
	Y: 8699604	
N° 04	X: 0263858	29.5 m
	Y: 8699678	
N° 05	X: 0263873	29.5 m
	Y: 8699641	

Fuente: Elaboración Propia (2019).

2.3. Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad

2.3.1. Materiales, equipos y reactivos utilizados en el experimento

Para el desarrollo de la investigación se empleó los siguientes materiales de acuerdo a el Protocolo de Monitoreo de Biosólidos especificado en la Resolución Ministerial N° 093-2018-VIVIENDA.

En la Tabla 21, se muestran los materiales, equipos y reactivos utilizados en la investigación.

Tabla 21: *Instrumentos, materiales y equipos utilizados en el área de estudio.*

MATERIALES	EQUIPOS	IMPLEMENTOS DE SEGURIDAD
Cinta Métrica de Cruceta	GSP	Botas de seguridad (jebe)
Bolsas para residuos sólidos peligrosos.	Reloj	Gafas de seguridad
Bolsas de Muestreo (100 uds.)	Cámara fotográfica	Respirador con filtro antigases

Cinta adhesiva	Balanza (5kg)	Guantes de jebe con cubierta de antebrazos
Cucharones	Brújula	Guantes de Látex descartable
Plumón Indeleble		Mameluco descartable
Pala manual		
Pico		
Lampa		
Pábilo grueso (5m)		
Bandejas		
Ficha de Campo		

Fuente: Elaboración Propia, 2019.



Figura 7: Equipos y materiales

2.3.2. Descripción del procedimiento

Las etapas de investigación que se describirán a continuación, muestran los métodos e instrumentos para la recolección de datos realizados para el desarrollo óptimo del objetivo principal. Las cuales se dividieron en las siguientes etapas:

A) Etapa N°1: Diagnóstico inicial del problema y recolección de muestra

Se realizó el muestro el día 3 de abril del 2019 a las 08:30 horas, en la zona de acopio de biosólidos de la PTAR de Ancón (Ver Figura 8), en donde se georreferenciaron los 5 puntos de coordenada (UTM) establecidos del área de muestra y poblacional presentados en la Tabla 20, (Ver Figura 9).



Figura 8: Zona de acopio de biosólidos, PTAR Ancón



Figura 9: Delimitación de la zona de acopio y medición de los puntos GPS

Una vez establecido el área de influencia, se procedió a la recolección de las muestras, según el método ya mencionado en las bolsas especiales correctamente rotuladas y pesadas, para el transporte de los biosólidos peligrosos, con el equipo de protección adecuado, hacia el laboratorio, (Ver Figura 10).



Figura 10: Recolección y pesaje del biosólido

Luego se trasladó los materiales y equipos necesarios, para poder realizar la toma de muestras y posterior análisis In Situ de las mismas.

Se midieron los parámetros iniciales de la zona, los cuales nos dieron los siguientes resultados presentados en la Tabla 22.

Tabla 22: Mediciones Iniciales IN SITU.

CÓDIGO DE LA MUESTRA	BPTAR-01
Fecha	03/04/19
Hora	8:30 am
Temperatura	27.5 °C
Humedad Relativa	75%
Presión	1012 hPa

Fuente: Elaboración propia, 2019.

Siendo: BPA-01: Biosólido de PTAR Ancón N°1

Según lo establecido el área de estudio resultó con una forma simétrica de 4 lados, el cual facilitó el cálculo del perímetro y área a través del uso de la cinta métrica de cruceta, (Ver Gráfico 3).

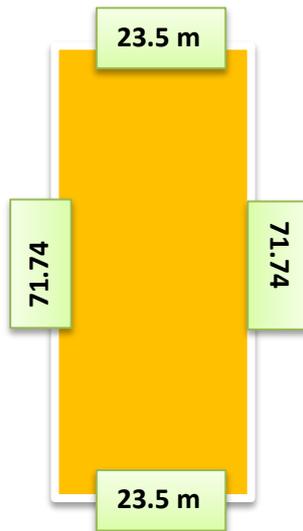


Gráfico 3:Medición de los lados del cuadrante de estudio
 Fuente: Elaboración propia, 2019.

B) Etapa N°2: Etapa de laboratorio

Una vez ya establecidos en el laboratorio, el primer paso fue realizar la primera homogeneización de las muestras a través de la técnica del cuarteo con lo ya establecido según el Ministerio de Vivienda. Decreto supremo N° 015-2017 (Ver Figuras 11 y 12).



Figura 11: Vertido de muestras del biosólido



Figura 12: Homogeneización inicial del biosólido

Se continuó con el triturado de la muestra con una máquina moledora semi-manual, debido a que los biosólidos de PTAR se encontraban en estado compactado y/o sólido, para así lograr una homogeneización de los biosólidos de manera correcta (Ver Figura13). Es importante resaltar que en este proceso se hizo uso de los equipos de seguridad adecuados, a razón de haber trabajado con residuos sólidos peligrosos.

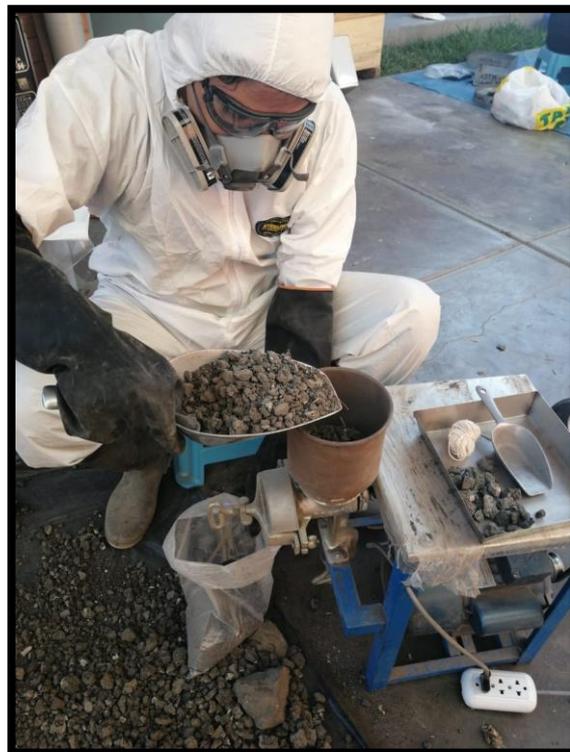


Figura 13: Homogeneización inicial de las muestras del biosólido

Luego de la trituración total de la muestra, fue necesario realizar la segunda homogenización de los 60 kg de muestra de biosólido de PETAR, vaciándolos en un plástico de 2 metros por 2 metros (Ver Figura 14) y posteriormente se realizó el análisis primario de los parámetros fisicoquímicos del lodo, disolviendo 100g de muestra en 200 ml de agua destilada y agitándola por 30 minutos, se la dejó decantar por 10 minutos y se filtró hasta tener una dosis considerable, la cual sirvió para calcular sus resultados iniciales con el uso de un equipo multiparámetro (Ver Figura 15).



Figura 14: Homogeneización total de las muestras trituradas



Figura 15: Cálculo de los parámetros fisicoquímicos iniciales del biosólido

a) Análisis de los parámetros fisicoquímicos iniciales de la muestra

En la Tabla 23, se muestran los resultados obtenidos de la muestra representativa inicial del biosólido residual proveniente de la PTAR Ancón.

Tabla 23: *Parámetros iniciales de biosólidos.*

CÓDIGO	TEMPERATURA (°C)	pH	CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA (μS/cm)	POTENCIAL REDOX (mv)
BPTAR-A	23	6.75	7720	-100.4

Fuente: Elaboración Propia, 2019.

El resultado inicial del biosólido sin tratar dio como resultado un pH ligeramente ácido de 6.75, lo cual se relaciona con el resultado del potencial Redox de -100.4 de manera directamente proporcional. Asimismo, una conductividad eléctrica de 7720 μS/cm, lo que quiere decir que un bajo porcentaje de salinidad.

b) Humedad (%H):

En la Tabla 24 se muestra el porcentaje de humedad hallado de manera *EX SITU*.

Tabla 24: *Porcentaje Inicial de humedad de la muestra*

CÓDIGO	PESO DE CRISOL (g)	PESO DE CRISOL + MUESTRA (g)	PESO DE MUESTRA (g)	PESO DE CRISOL + MUESTRA A 105°C X 2H	%HUMEDAD
BPTAR-A	46.640	48.655	2.015	48.620	1.74

Fuente: Elaboración Propia, 2019.

En donde:

$$\%Humedad = \frac{(Peso\ Crisol + Muestra) - (Peso\ Crisol + Muestra\ a\ 105C^{\circ})}{(Peso\ Crisol + M) - (Peso\ Crisol)} \times 100$$

c) Materia Volátil (sólidos volátiles %SV):

Se realizó su determinación mediante el método termo gravimétrico de la norma ASTM D-3172, mediante el uso de un crisol de 250 micrones en la

estufa por 7 minutos a una temperatura de 900°C, el cual produce una descomposición térmica.

En la Tabla 25 se muestra el porcentaje de sólidos volátiles presentes en la muestra hallados de manera *EX SITU*.

Tabla 25: Porcentaje inicial de sólidos volátiles de la muestra

CÓDIGO	PESO DE CRISOL (g)	PESO DE CRISOL + MUESTRA (g)	PESO DE MUESTRA (g)	PESO DE CRISOL + MUESTRA A 900°C x 7'	%MV
BPTAR-A	28.313	28.815	0.503	28.623	38.17

Fuente: Elaboración Propia, 2019.

En donde:

$$\%SV = \frac{(Peso\ Crisol + Muestra) - (Peso\ Crisol + Muestra\ a\ 900C^{\circ}/7')}{(Peso\ Crisol + M) - (Peso\ Crisol)} \times 100$$

d) Ceniza (%C):

Se realizó su determinación mediante el método termo gravimétrico de la norma ASTM D-3172, en donde se siguió un proceso similar al anterior. Este proceso sirvió para determinar la cantidad de material inorgánico presenten los biosólidos.

En la Tabla 26 se muestra el porcentaje de ceniza presentes en la muestra hallados de manera *EX SITU*.

Tabla 26: Porcentaje inicial de ceniza de la muestra

CÓDIGO	PESO DE CRISOL (g)	PESO DE CRISOL + MUESTRA (g)	PESO DE MUESTRA (g)	PESO DE CRISOL + MUESTRA A 900°C X 2H	%C
BPTAR-A	28.312	28.815	0.503	28.554	48.11

Fuente: Elaboración Propia, 2019.

En donde:

$$\%C = \frac{(Peso\ Crisol + Muestra\ a\ 900^{\circ}C) - (Peso\ Crisol)}{(Peso\ Crisol + M) - (Peso\ Crisol)} \times 100$$

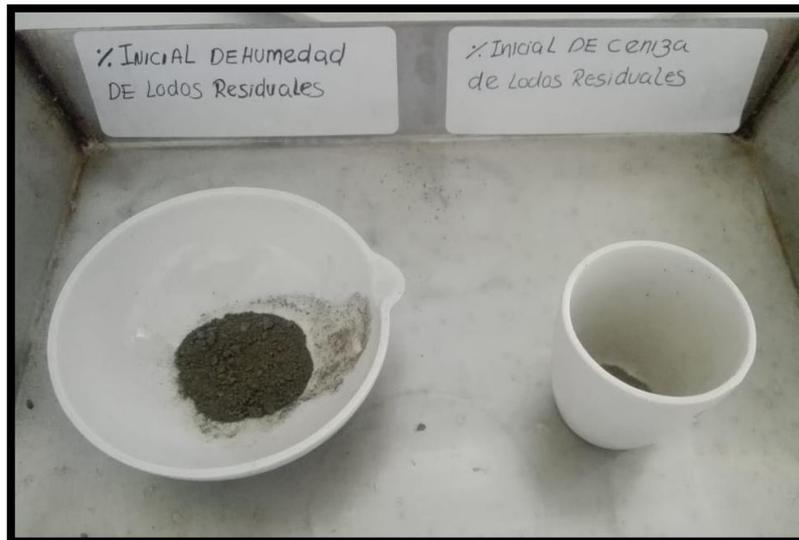


Figura 16: Resultados de humedad y ceniza de biosólidos

e) Carbón Fijo (%CF):

Se realizó su determinación mediante el método termo gravimétrico de la norma ASTM D-3172, el cual sirvió para determinar el residuo combustible, que resultó al eliminar la materia volátil.

Para el cálculo del carbón fijo se utilizó la siguiente ecuación:

$$\%CF = 100 - (\%Ceniza + \% Sólidos volátiles)$$

$$\%CF = 100 - (48.11 + 38.17) = 13.72$$

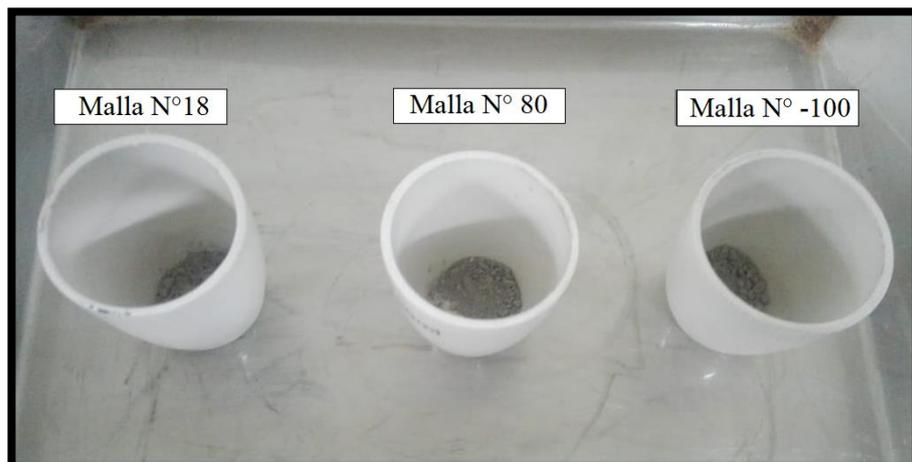


Figura 17: Resultados del Carbón Fijo en biosólidos

f) Cálculo del poder calorífico (PC):

Se realizó su determinación mediante el método termo gravimétrico de la norma ASTM-D-3172, el cual sirvió para determinar la cantidad de energía que presentó la muestra de biosólidos en reacción a altos niveles de temperatura. En la Tabla 27 se muestra el poder calorífico del biosólido hallados de manera *EX SITU*.

Tabla 27: Poder calorífico de la muestra

CÓDIGO	%SÓLIDOS VOLÁTILES	%CENIZA	%CARBÓN FIJO	PODER CALORÍFICO KCal/Kg
PTAR-A	38.17	48.11	13.72	5678

Fuente: Elaboración Propia, 2019.

En donde:

$$PC = (82 \times \%CF) + (120 \times \%SV) \text{ en Kcal/Kg}$$

Sabiendo que 82 y 120 son factores de tabla y además:

$$\% SV + \%C + \%CF = 100\%$$

$$38.17\% + 48.11\% + 13.72\% = 100\%$$

g) Densidad Relativa del biosólido

En la Tabla 28 se muestra la densidad relativa del biosólido calculada de manera *EX SITU*.

Tabla 28: Medición *EX SITU* de la densidad relativa.

CÓDIGO	Volumen del Cilindro (cm ³)	Peso del biosólido (gr.)	Densidad Relativa (gr/cm ³)
BPTAR-A	222.99	278.73	1.25

Fuente: Elaboración Propia, 2019.

Donde:

$$DR = \frac{\text{Peso de muestra seca}}{\text{Volumen del cilindro}}$$

La densidad relativa realizada en la muestra de biosólido, nos muestra un valor bajo de 1.25 gr/cm³, debido a que es un lodo conformado por materia orgánica

y que muestra un grado de porosidad adecuado para su uso en la elaboración de un ladrillo.

h) Análisis granulométrico del biosólido

Se realizó el análisis granulométrico de la muestra, con 8 mallas distintas, presentadas en la Tabla 29.

Tabla 29: Clasificación de Mallas para granulometría

Malla N° 6 (3.350 mm mm) Peso de bolsa : 0.016 g.	Malla N° 10 (2.00 mm) Peso de bolsa : 0.016 g
Malla N° 18 (1.00 mm) Peso de bolsa : 0.016 g	Malla N° 30 (0.6 mm) Peso de bolsa : 0.016 g
Malla N° 40 (0.425 mm) Peso de bolsa : 0.016 g	Malla N° 80 (0.18 mm) Peso de bolsa : 0.016 g
Malla N° 100 (0.150 mm) Peso de bolsa : 0.016 g	Malla N° -100 (-0.150 mm) Peso de bolsa : 0.016 g

Fuente: Elaboración Propia, 2019.

Este análisis fue de suma importancia, debido a que ayudo a inferir las 3 mallas a trabajar (Ver Tabla 30) que se utilizó para los análisis granulométricas finales del biosólido de PTAR.

Tabla 30: Peso retenido y pasado por cada malla.

N°MALLA	ABERTURA (MM)	PESO RETENIDO (G)	%RETENIDO	% ACUMULADO	
				+ RETENIDO	- PASA
					100%
6	3.350 mm	0.031g	6.20%	6.20%	93.80%
10	2 mm	0.059g	11.80%	18.00%	82.00%
18	1 mm	0.059g	18%	35.80%	64.20%
30	0.6 mm	0.059g	11.80%	47.60%	52.40%
40	0.425.mm	0.044g	8.80%	56.40%	43.60%
80	0.18 mm	0.085g	17.00%	73.40%	26.60%
100	0.150 mm	0.024g	4.80%	78.20%	21.80%
-100	-0.150 mm	0.109g	21.80%	100%	0%

Fuente: Elaboración Propia, 2019.

De acuerdo a la Tabla 30 y representada en el Gráfico 4, del análisis granulométrico presentado anteriormente, se observó que más del 50% de la muestra de biosólido es arenosa, y se infirió que presenta una granulometría media. Siendo este un buen indicador para la elaboración de un ladrillo ecológico. Así mismo se determinó que las 3 granulometrías adecuadas serían las de N° 18, 80 y -100 debido a que presentaron el mayor porcentaje retenido.

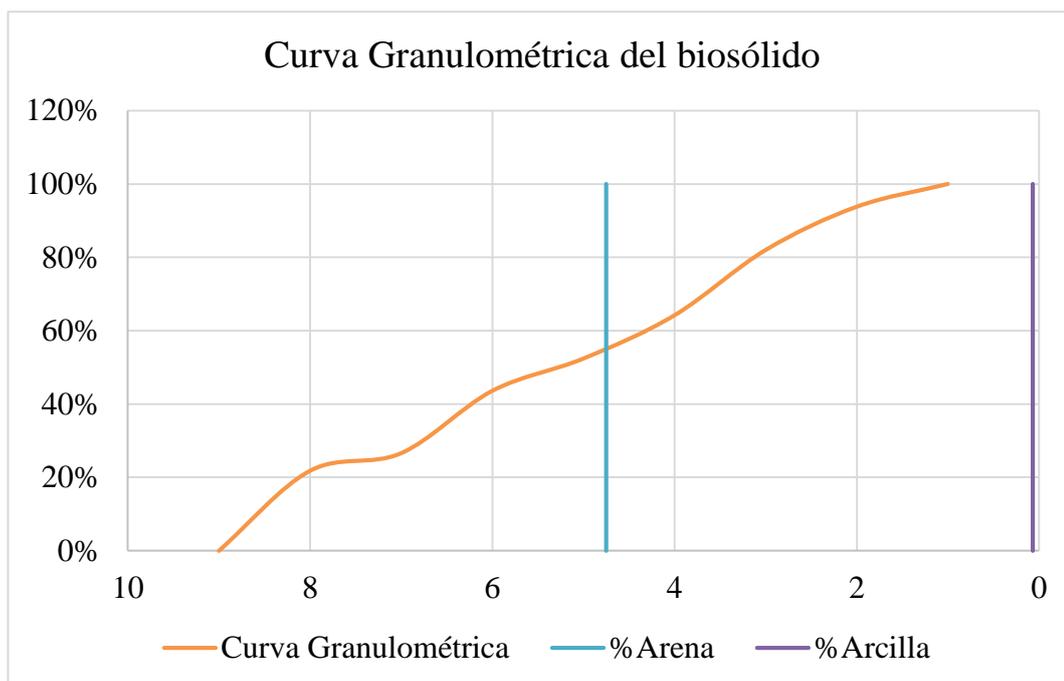


Gráfico 4: Granulometría del biosólido
Fuente: Elaboración Propia, 2019.

Una vez, identificadas la granulometría a usar, se tamizó la muestra de biosólidos de manera adecuada, por las tres mallas establecidas para obtener la materia prima de los ladrillos ecológicos (Ver Figura 21), para el cual se realizaron los siguientes pasos:

El primer paso, fue pasar por la primera malla, N° 18 de 0.1 mm, mediante el zarandeo y con la utilización de un cucharón de metal y equipos de protección adecuados, en donde se obtuvo un aproximado de 0.18 Kg de biosólido (Ver Figura 18), que posteriormente fueron almacenados en bolsas para residuos sólidos peligrosos.



Figura 18: Biosólido tamizado a través de la malla N° 18

Luego se procedió a pasar por la malla N° 80 de 0.18 mm, en donde se realizó el mismo procedimiento que en el caso anterior. Obteniendo un peso aproximado de 15kg (Ver Figura 19).



Figura 19: Biosólido tamizado a través de la malla N° 18

Finalmente se hizo uso de la última malla de N° -100 de -0.150 mm, en la cual se realizó el mismo procedimiento anterior y se obtuvo un aproximado de 10 kg del biosólido (Ver Figura 20), el cual también se empaqueta de manera correcta.



Figura 20: Biosólido tamizado a través de la malla N° -100



Figura 21: Resultado de las muestras en 3 tamices

i) Textura del biosólido

Seguido, se realizó el análisis de la textura del biosólido, haciendo uso de la ley de Stoke, basada en la sedimentación por gravedad, Primero se colocó 200g de muestra general en una probeta de 1L, y se enrazó con agua destilada, para posteriormente agitar por 5 minutos (Ver Figura 22) y dejar reposar por 24 horas. Este proceso fue de suma importancia, por q permitió diferenciar la composición del biosólido a usar (Ver Figura 23).



Figura 22: Aplicación de la Ley de Stoke

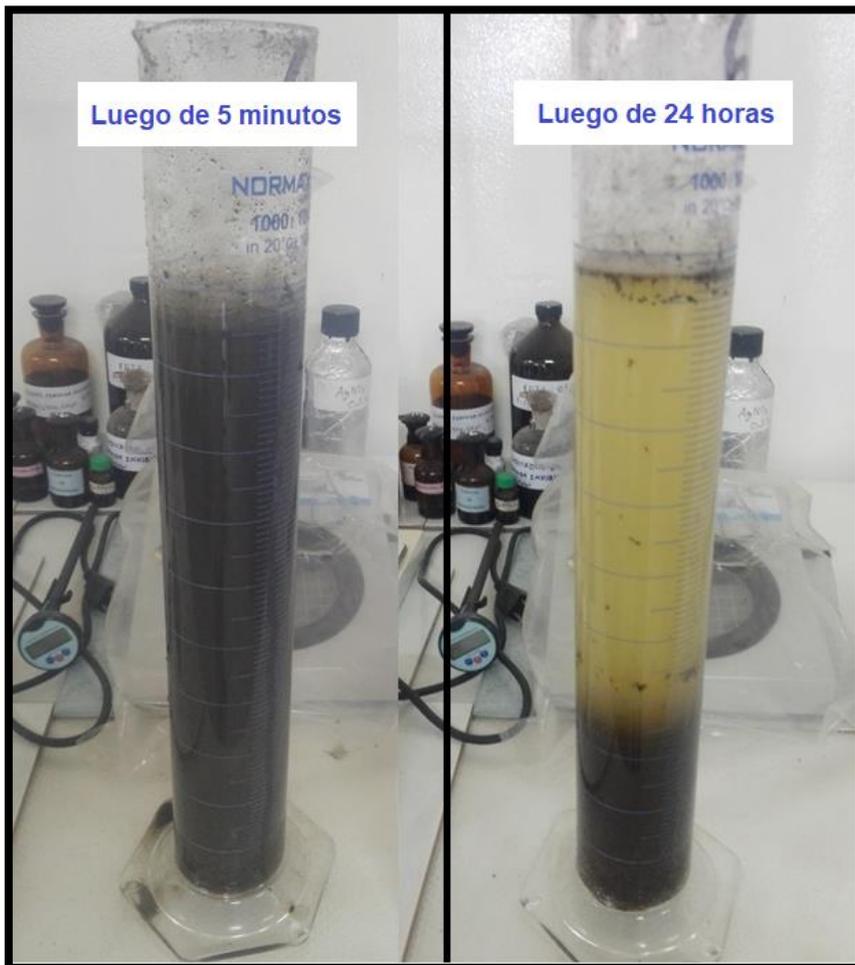


Figura 23: Aplicación de la Ley de Stoke

Tabla 31: *Textura del biosólido*

CÓDIGO	% ARENA	% LIMO	% ARCILLA	% MATERIA ORGÁNICA
BPTAR – A	56.6	21.2	21.3	0.9

Fuente: Elaboración propia, 2019.

Luego del periodo de tiempo establecido, el lodo arroja un porcentaje de arena del 56,6%, Limo 21,2%, arcilla 21,3% y 0,9 de materia orgánica. Es importante resaltar que, debido a que la muestra experimental no es una tierra o suelo de cultivo es inadecuado hacer la clasificación de la textura según el Triángulo textural de la USDA.

Textura - Stoke

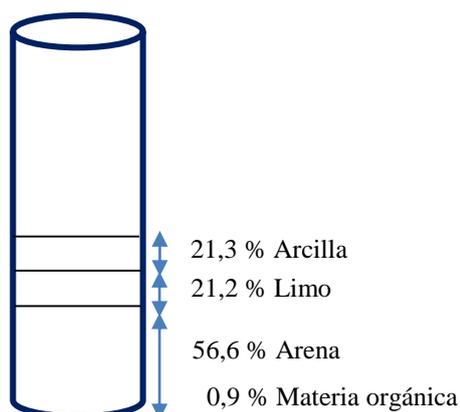


Gráfico 5: Representación de la Textura por Stoke
Fuente: Elaboración propia, 2019.

j) Densidad relativa del biosólido

La densidad relativa es una característica importante que permite conocer, la capacidad de drenaje, la porosidad y el grado de aireación. Debido a las condiciones del biosólido, se realizó el cálculo de la densidad relativa a través del método del cilindro biselado (Ver Figura 24).



Figura 24: Método del cilindro biselado

Para el cual, se pesó una cantidad aleatoria de muestra y se lo llevo a secar a estufa por 1 hora aproximadamente a 105°C , lo cual permitió evaporizar todo rastro de humedad del biosólido, (Ver Figura 25). Posteriormente se realizó la medición del cilindro biselado para el cálculo de su volumen (Ver Figura 26), el cual fue de 222.99 cm^3 , resultado a considerar para el análisis posterior.



Figura 25: Secado de la muestra para el cálculo de la Densidad Relativa



Figura 26: Cálculo del volumen del cilindro biselado

k) Determinación inicial de metales pesados

Luego de los análisis preliminares de las propiedades físicas del biosólido a tratar, se realizó el cálculo de metales pesados iniciales, mediante un barrido de digestión química, para la absorción atómica de los metales.

Para realizar este análisis, primero se llevó a secar al horno 150g de muestra de tamiz de malla -100, de lodo por dos horas, para luego pulverizarlo por aproximadamente 20 minutos (Ver Figura 27), luego se pesó 0.200g de muestra y se la colocó en un vaso precipitado de 150 ml con 10 ml de agua destilada.

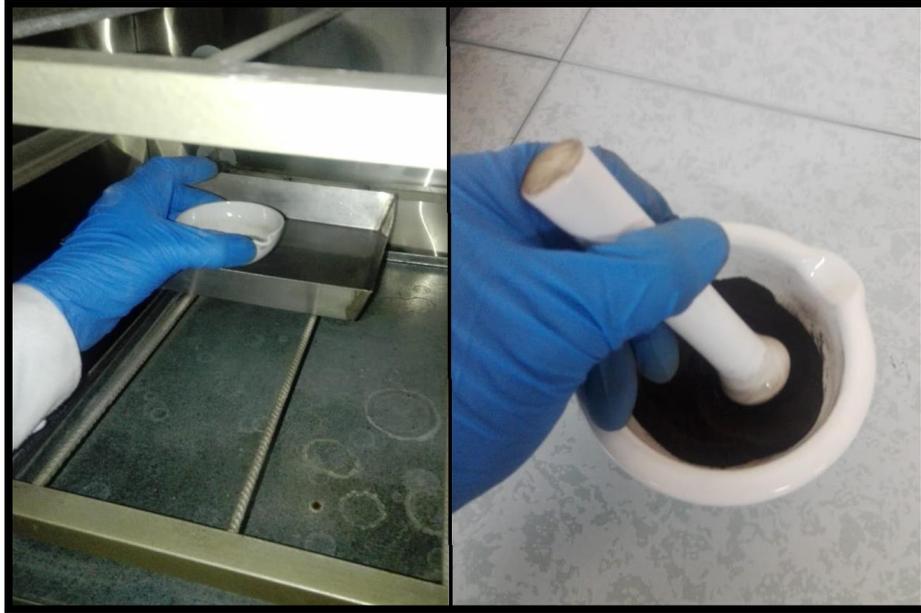


Figura 27: Secado y triturado de la muestra

Seguidamente, se colocó la solución a estufa por 2 horas y se la ataco inicialmente con 5ml ácido nítrico HNO_3 , (procedimiento que facilita que se solubilizan de los metales), y se los dejó evaporar para luego adicionar 10ml de ácido clorhídrico HCL , para así formar el agua regia (Ver Figura 28). Finalmente, se le agregó de 1.5 a 2 ml de ácido clorhídrico adicional para facilitar la lectura de los elementos metálicos en el equipo de absorción atómica.

Luego de enfriado la solución, se trasvasa a una fiola de 25ml y se enrasa con agua destilada, para su posterior análisis de absorción.



Figura 28: Preparación de solución de lodos con HNO₃ Y HCL

1) Análisis de los parámetros microbianos de los biosólidos

Posteriormente para el análisis de la calidad microbiológica se utilizó el método de la Tinción Gram, el cual es una tinción diferencial empleado en bacteriología para la visualización de bacterias, en el biosólido a razón de determinar si cumple con los niveles permisibles, establecidos en la norma EPA 40. Para el cual se realizó los siguientes pasos:

Primero se pesó 150g de muestra en frasco de descartable de 250ml, debido a que de la mezcla fue seca, se le adiciono 200ml de agua destilada y se la agitó por 30 minutos para disolver el biosólido, (Ver Figura 29).



Figura 29: Preparación de solución para el cálculo de la Tinción Gram

Luego, se prepara la mezcla con los aditivos y se adiciona calor, para evitar la proliferación de bacterias externas a la muestra (Ver Figura 30), con un gotero se coloca aproximadamente 0.5 ml de solución en una placa para microscopio e inmediatamente después se procedió al secado mediante mechero.



Figura 30: Preparación de los aditivos para la Tinción Gram

Luego se fijó la muestra con el primer aditivo, Metanol durante un minuto con el uso del mechero, (los siguientes pasos, siguen de la misma manera), luego se enjuago con agua destilada no directamente sobre la muestra, seguido se agregó azul violeta (violeta de genciana) como se muestra en la Figura 31 y se dejó reposar por un minuto. Se agregó lugol y se esperó un minuto aproximadamente para luego enjuagar una vez más con agua destilada de forma adecuada. Una vez realizado estos pasos, se agregó alcohol de acetona y se fijo por 30 segundos e inmediatamente después se enjuagó con agua destilada. Finalmente se agregó el aditivo de contraste, la safarina fijándola por 1 minuto más, lo cual tinto las bacterias Gram- de color rojizo, (Ver Figura 32). Se enjuago una vez más con agua destilada.

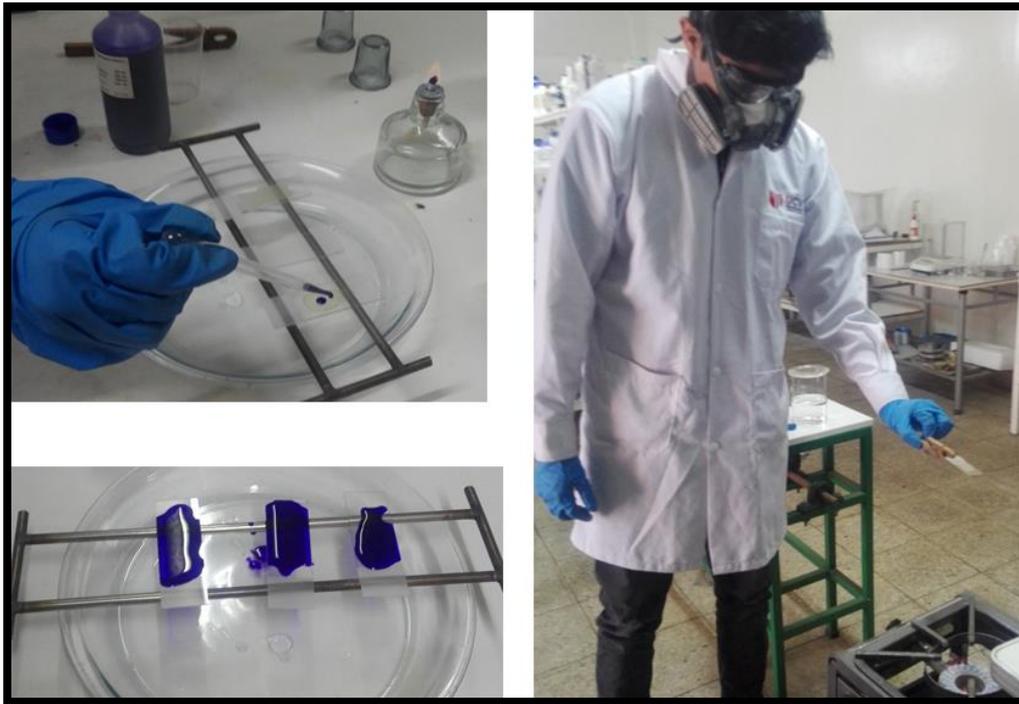


Figura 31: Fijación y secado del primer aditivo – Etanol.

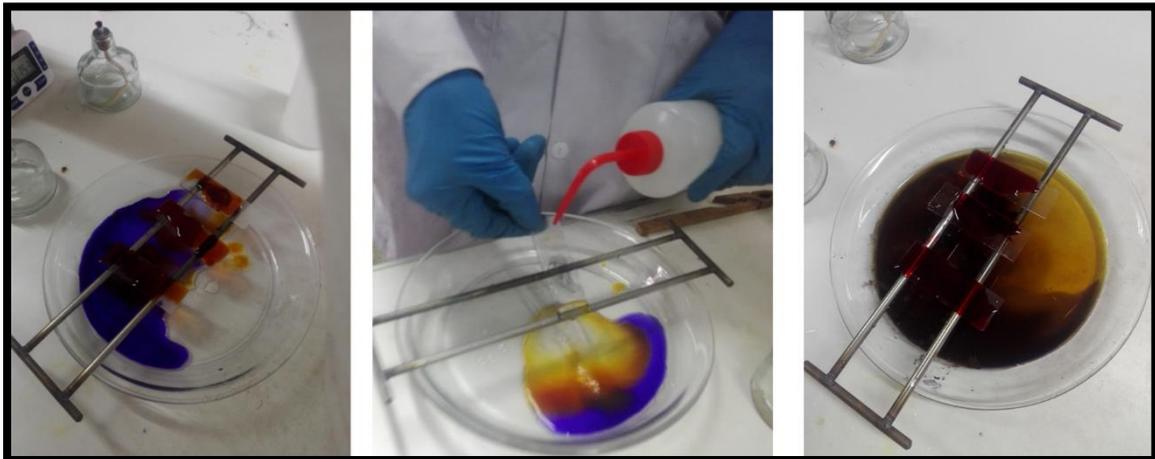


Figura 32: Fijación y secado de lugol, alcohol de acetona y safarina

Para culminar con este proceso cualitativo de determinación de la composición bacteriana se llevó la placa teñida al microscopio electrónico ya preparado con un lente de 100x (Ver Figura 33), luego se hizo uso del aceite de inmersión y se notó la presencia de bacterias Gram positivas: *Escherichia Coli*, *Salmonella tiphy* y huevos de helmintos (Ver Figuras 34, 35 y 36), como ya mencionaban los antecedentes previos.

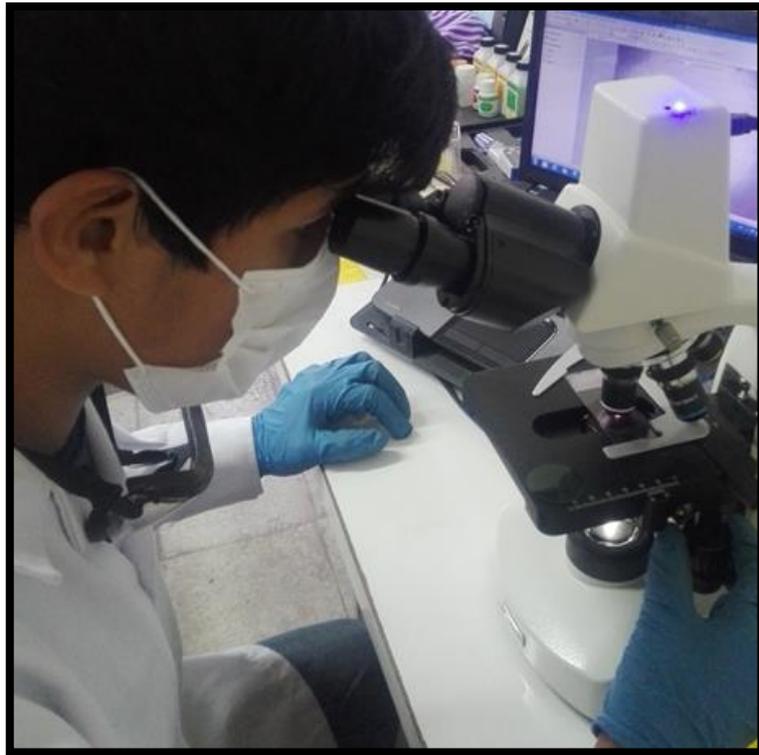


Figura 33: Análisis bacteriológico post Tinción Gram

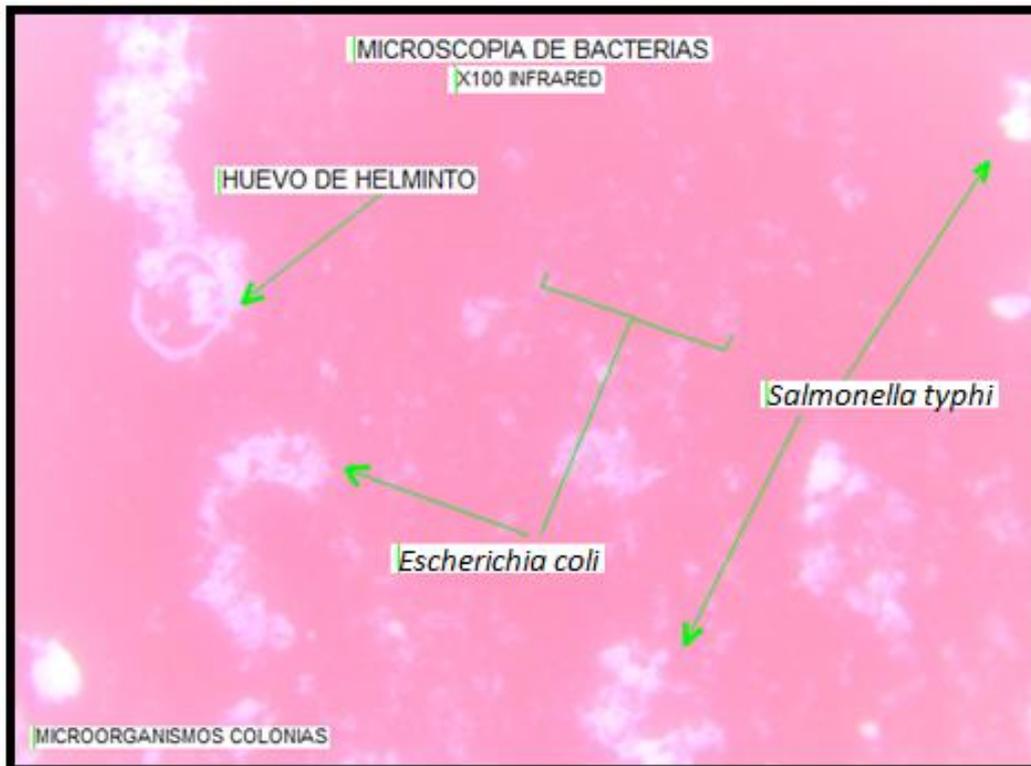


Figura 34: Microscopía de bacterias-Filtro infrarrojo

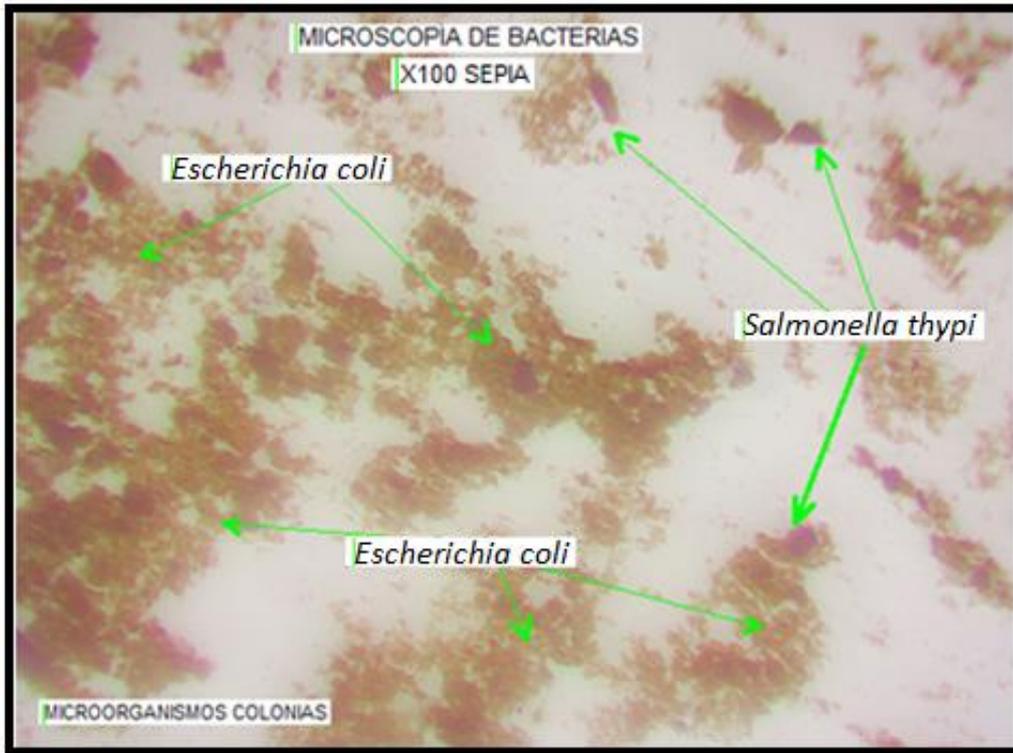


Figura 35: Microscopía de bacterias-Filtro sepia

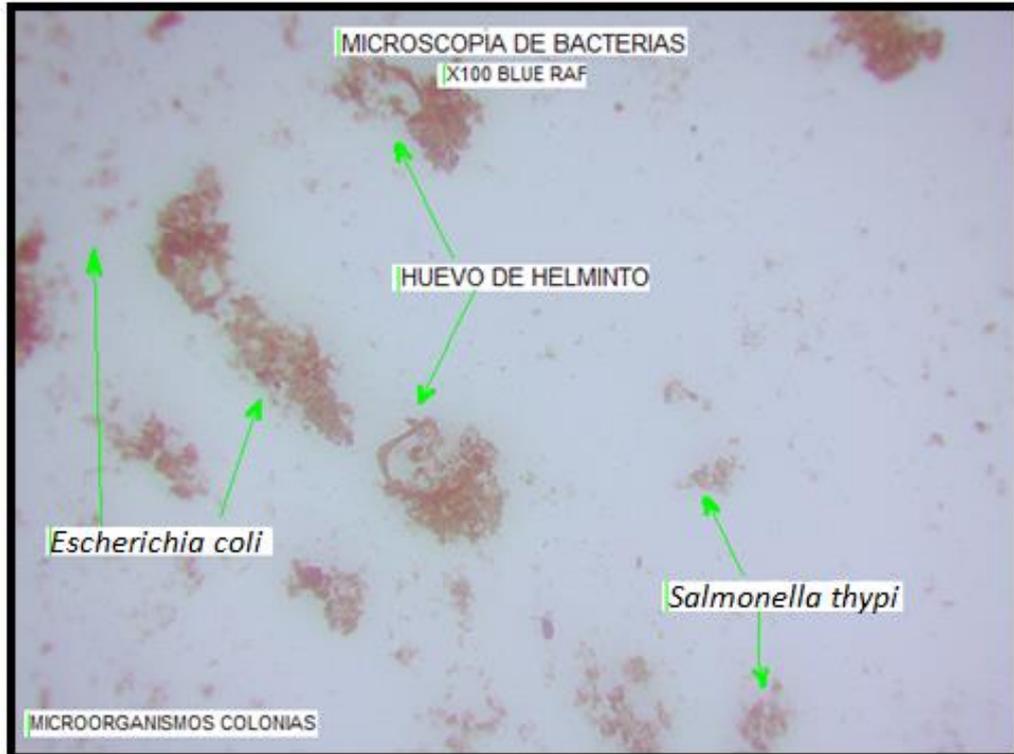


Figura 36: Microscopía de bacterias-Filtro Blue RAF

C) Etapa N°3: Estabilización de los biosólidos residuales

Se utilizó un método de estabilización de microorganismos presentes en los biosólido, mediante el empleo de Cal (CaO), como lo muestra la Figura 37, para llevar la muestra inicial a un pH alcalino de 12, pues como se conoce con conceptos anteriores, “La variación del pH en la actividad microbiana elimina e inhibe la proliferación de las mismas” (MENDOZA Y REYEZ, 2017), lo cual beneficia a la elaboración de ladrillos ecológicos, pues estos se encuentran en un pH de 12,5.



Figura 37: Estabilización del biosólido con Cal

Por un proceso de mezcla y volteo constante de tres dosis de Cal (CaO) por 100g de muestra de biosólido representativa. A razón de buscar la proporción adecuada que permita eliminar en su totalidad los microorganismos patógenos (10^6), responsables de los olores, actividad microbiológica.

El primer paso para lograr la neutralización fue medir 100g de muestra de lodo en un frasco descartable de 350ml para luego agregar la primera dosis experimental de 3g de Cal (CaO) y se agitó uniformemente de forma manual por 30 minutos, luego se le añadió 200ml de agua destilada para disolver la mezcla, luego para facilitar la medida del pH, se dejó reposar aproximadamente por 10 minutos, para luego dejarlos decantar. Ver Figura 38.

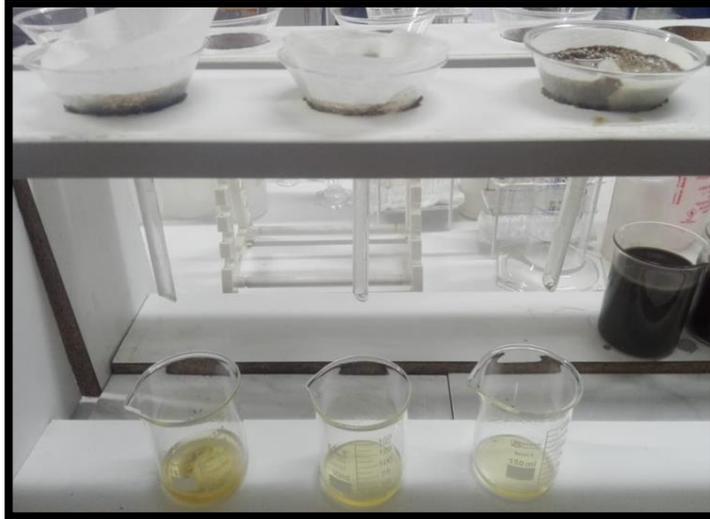


Figura 38: Decantado de muestras de biosólido para medir pH

Después se midió el pH final de la solución con papel de tornasol, arrojando un valor de 7.5. Se volvió a repetir el mismo procedimiento con los valores de 5g, 7g, 9g, de Cal (CaO) mostrando valores de pH de 8.5, 10, 12 respectivamente, (Ver Figura 39), encontrando de esta forma la dosificación del tratamiento para la calidad microbiana del lodo de la PTAR de Ancón.



Figura 39: Medición de pH de muestras de biosólido decantadas

Una vez encontrado el pH adecuado, se realizó nuevamente una Tinción Gram (Ver Figura 40), para constatar que la eficiencia de la neutralización ya realizada, para su masificación en las muestras destinadas a la elaboración de los ladrillos ecológicos.



Figura 40: Tinción Gram Post-Tratamiento

D) Etapa N°4: Elaboración de ladrillos ecológicos

Se experimentó con diversas dosis de biosólidos tratados, con adherencia de sílice y cemento portland, para lograr el conglomerado adecuado que cumpla con la norma E.070 ya mencionada.

Dosificación adecuada del ladrillo ecológico

Se tomó como base la dosificación del 20% de cemento en peso. Proveniente de la investigación realizada en el 2014, mencionada anteriormente en la Pontificia Universidad Católica del Perú, por Rojas y Vidal, en su investigación titulada “Comportamiento Sísmico de un Módulo de dos Pisos Reforzado y Construido con Ladrillos Ecológicos Prensados”.

Utilizar valores mayores a esta dosificación en la elaboración de ladrillos de tierra comprimida, implican no solo un costo económico de producción alta, sino que también, los porcentajes altos de cemento supone una disminución de la resistencia a la erosión, por presencia de lluvias, (MEZA, 2018).

Por tal motivo en la presente investigación se planteó estudiar el comportamiento de los ladrillos ecológicos estabilizados con una constante de 20% de cemento portland y a su vez con 10% y 15% y 25% de biosólido

tratado en reemplazo de la arcilla convencional y cantidades de sílice a conveniencia como aporte propio del investigador.

Además, importante resaltar que las medidas de referencia utilizada para la fabricación de los ladrillos, pertenecen de la Norma Técnica Peruana (NTP) 339.613, Ladrillo de Tipo King Kong de 18 huecos, perteneciente a la E.070 Albañería, (Ver Tabla 32).

Tabla 32: *Propiedades del ladrillo de referencia (King Kong de 18 huecos)*

R.COMPRESIÓN (Kg/cm ²)	DENSIDAD (g/cm ³)	ABSORCIÓN (%)	ALABEO (%)	ALTO (cm)	LARGO (cm)	ANCHO (cm)	PESO (Kg)
162.0	2.00	11.00	2.00	9	25	12	3.6

Fuente: Norma Técnica Peruana 399.613



Figura 41: Características del ladrillo convencional King Kong (18 huecos)

A pesar de ello, como producto final se prendió elaborar un ladrillo de las mismas similitudes, con una altura final de 9 a 7 cm, un ancho de 12 y un largo de 25cm, pues como ya se ha mencionado pertenece a la característica común de los ladrillos ecológicos de tipo lego, (Ver Figura 42), avalado en las investigaciones de MEZA (2018) y ROJAS y VIDAL (2014).

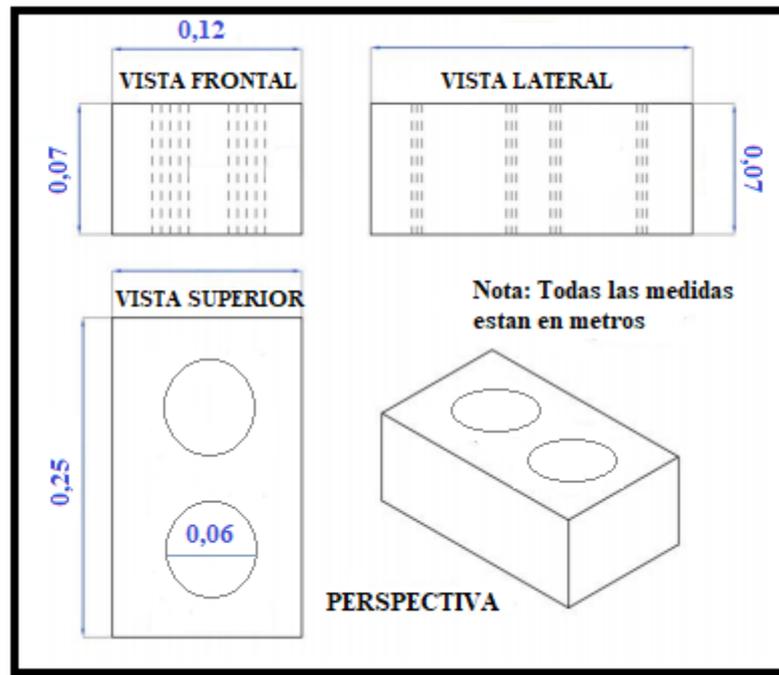


Figura 42: Dimensiones convencionales del ladrillo tipo lego

De tal manera, se fabricaron 3 grupos de ladrillos con nueve unidades cada uno en las cuales varía la granulometría de la muestra de malla N°18, 80 y - 100 y el porcentaje de biosólido, presentadas en las Tablas 33, 34 y 35, presentadas a continuación:

Tabla 33: Primera dosificación del Ladrillo

Primer Tratamiento	Dosis	Peso
Biosólido tratado	25%	900g
Cemento Pordant	20%	720g
Sílice Fino	35%	1260g
Sílice Grueso	20%	720g
Peso establecido de ladrillo según NTP 399.613		3600g

Fuente: Elaboración propia, 2019.

Tabla 34: Segunda dosificación del Ladrillo

Segundo Tratamiento	Dosis	Peso
Biosólido tratado	15%	540g
Cemento Pordant	20%	720g
Sílice Fino	40%	1440g
Sílice Grueso	25%	900g
Peso establecido de ladrillo según NTP 399.613		3600g

Fuente: Elaboración propia, 2019.

Tabla 35: Tercera dosificación del Ladrillo

Tercer Tratamiento	Dosis	Peso
Biosólido tratado	10%	360g
Cemento Pordant	20%	720g
Sílice Fino	45%	1620g
Sílice Grueso	25%	900g
Peso establecido de ladrillo según NTP 399.613		3600g

Fuente: Elaboración propia, 2019.

El primer paso a realizar fue el pesaje de las muestras según las dosificaciones establecidas anteriormente, tal cual lo muestra la Figura 43, presentada a continuación:



Figura 43: Dosis representativa de lodos para ladrillo ecológicos

Luego y se añadió el porcentaje respectivo de Cal (CaO) y lodo según la relación establecida anteriormente (Ver Figura 44), en 9 frascos, debidamente rotulados por peso y número de malla, para el primer tratamiento, mediante una máquina de girado durante 1 hora como lo muestran las siguientes imágenes:



Figura 44: Primer tratamiento de lodos para elaboración de ladrillos



Figura 45: Tratamiento de lodos con Cal (CaO) a través de agitador eléctrico

Una vez culminado el tiempo de mezcla, se constató a través del papel de tornasol, que la neutralización de las muestras con el porcentaje utilizado de Cal (CaO) era constante, y se siguió con los siguientes pasos:

Posteriormente se vertieron las muestras tratadas en 9 recipientes debidamente rotulados con peso y malla respectiva, para luego añadir los porcentajes ya establecidos de sílice y portland para la elaboración de los ladrillos como se muestra en la Figura 46.



Figura 46: Dosificación completa para los ladrillos según granulometría y dosis de biosólido

Luego, se procedió con la mezcla de materiales de manera adecuada y cuidadosa por 15 minutos cada uno hasta que se logró una consistencia uniforme, posteriormente se utilizó una probeta de 1 litro llena de agua potable y se procedió a la adherencia de agua hasta lograr una mezcla concisa. Es importante resaltar que los valores de adherencia varían dependiendo de la granulometría de las 3 muestras de biosólido tratado (Ver Tabla 36).

Tabla 36: Cantidad necesaria de agua potable para la mezcla

NÚMERO DE MALLA	CANTIDAD DE AGUA POTABLE EN ML.
18 (1.00 mm)	500ml
80 (0.18mm)	650ml
-100 (-0.150mm)	750ml

Fuente: Elaboración propia, 2019.



Figura 47: Preparación de mezcla inicial y dosis de agua

Es importante resaltar que la conspuración de agua en el peso final del ladrillo, fue despreciable, debido a que los ladrillos ecológicos elaborados, fueron secados al sol, lo cual infiere que no es necesaria su proporción inicial como materia prima.

Además, para comprobar que las características del biosólido se mantuvieron estables, en el proceso de adherencia de materiales y mezcla ya establecidas, se realizó la caracterización de 9 mezclas para ladrillos considerando cada porcentaje y número de malla, de forma representativa.

En las Tablas 37, 38 y 39 se muestran los parámetros iniciales analizados de las mezclas para la elaboración de los ladrillos ecológicos

Tabla 37: *Parámetros iniciales de la mezcla para ladrillos al 25% de biosólidos*

N° MALLA	T (°C)	pH	C.E ($\mu\text{s}/\text{cm}$)	Eh (MV)
18	21.6	12.41	9450	-283
80	21.5	12.42	7270	-281
-100	21.6	12.27	6310	-273

Fuente: Elaboración propia, (2019).

Tabla 38: *Parámetros iniciales de la mezcla para ladrillos al 15% de biosólidos*

N° MALLA	T (°C)	pH	C.E ($\mu\text{s}/\text{cm}$)	Eh (MV)
18	21.8	12.40	9453	-284
80	21.7	12.43	7272	-282
-100	21.8	12.29	6318	-274

Fuente: Elaboración propia, (2019).

Tabla 39: *Parámetros iniciales de la mezcla para ladrillos al 10% de biosólidos*

N° MALLA	T (°C)	pH	C.E ($\mu\text{s}/\text{cm}$)	Eh (MV)
18	21.7	12.42	9451	-282
80	21.8	12.41	7271	-280
-100	21.6	12.28	6315	-273

Fuente: Elaboración propia, (2019).

Los resultados muestran un pH promedio de 12.3 lo cual supera en forma mínima a lo establecido inicialmente, se infiere que el aumento del mismo dependió de la composición del portland utilizado. A su vez es un resultado factible, pues según la E.070 es un valor óptimo para un ladrillo convencional. El cual se relaciona con el resultado del potencial Rédox promedio de -281 de manera directamente proporcional. Asimismo, presentan una conductividad eléctrica aceptable, lo que quiere decir un buen nivel de sales solubles presentes.

Humedad de las mezclas (%):

En la Tabla 40 se muestra los porcentajes de humedad en la mezcla para ladrillo al 25% de biosólidos, hallados de manera EX SITU.

Tabla 40: Porcentajes iniciales de humedad de la mezcla para ladrillos al 25% de biosólidos

N° MALLA	PESO DE CRISOL (g)	PESO DE CRISOL + MUESTRA (g)	PESO DE MUESTRA (g)	PESO DE CRISOL + MUESTRA SECA A 105°C X 2H	%HUMEDAD
18	44.460	53.958	9.498	52.233	18.16
80	48.400	57.447	9.047	55.863	17.50
-100	56.557	63.547	6.990	61.754	25.65

Fuente: Elaboración propia, 2019.

Materia Volátil (Sólidos volátiles %SV):

En la Tabla 41 se muestra los porcentajes de sólidos volátiles presentes en la mezcla para ladrillo al 25% de biosólidos, hallados de manera EX SITU.

Tabla 41: Porcentajes iniciales de sólidos volátiles de la mezcla para ladrillos al 25% de biosólidos

N° MALLA	PESO DE CRISOL (g)	PESO DE CRISOL + MUESTRA (g)	PESO DE MUESTRA (g)	PESO DE CRISOL + MUESTRA A 900°C X 7'	%MV
18	24.145	24.880	0.735	24.823	7.75
80	24.784	25.327	0.543	25.292	6.44
-100	30.270	31.295	1.025	31.197	9.56

Fuente: Elaboración propia, 2019.

Ceniza (%C):

En la Tabla 42 se muestran los porcentajes de ceniza presentes en la mezcla para ladrillo al 25% de biosólidos, hallados de manera EX SITU.

Tabla 42: Porcentajes iniciales de ceniza de la mezcla para ladrillos al 25% de biosólidos

N° MALLA	PESO DE CRISOL (g)	PESO DE CRISOL + MUESTRA (g)	PESO DE MUESTRA (g)	PESO DE CRISOL + MUESTRA A 900°C X 2H	%C
18	24.145	24.880	0.735	24.812	90.74
80	24.784	25.327	0.543	25.284	92.08
-100	30.270	31.295	1.025	31.170	87.80

Fuente: Elaboración propia, 2019.

Parámetros totales de las mezclas

En las Tabla 43 se muestra los parámetros de las mezclas establecidas, respecto al 25% de biosólidos respectivamente, hallados de manera EX SITU.

Tabla 43: *Parámetros de la mezcla del ladrillo al 25% de biosólidos*

N° MALLA	%HUMEDAD	%MATERIA VOLÁTIL	% CENIZA	CARBÓN FIJO	PODER CALORÍFICO
18	18.16	7.75	90.74	1.51	1053.82
80	17.50	6.44	92.08	1.48	894.16
-100	25.65	9.56	87.80	2.64	1363.68

Fuente: Elaboración propia, 2019.

En la Tabla 44 se muestra los parámetros de las mezclas establecidas, respecto al 15% de biosólidos respectivamente, hallados de manera EX SITU.

Tabla 44: *Parámetros de la mezcla del ladrillo al 15% de biosólidos*

N° MALLA	%HUMEDAD	%MATERIA VOLÁTIL	% CENIZA	CARBÓN FIJO	PODER CALORÍFICO
18	18.16	7.74	90.75	1.51	1052.62
80	17.50	6.43	92.09	1.45	892.96
-100	25.65	9.57	87.82	2.61	1362.42

Fuente: Elaboración propia, 2019.

En las Tabla 45 se muestra los parámetros de las mezclas establecidas, respecto al 10% de biosólidos respectivamente, hallados de manera EX SITU.

Tabla 45: *Parámetros de la mezcla del ladrillo al 10% de biosólidos*

N° MALLA	%HUMEDAD	%MATERIA VOLÁTIL	% CENIZA	CARBÓN FIJO	PODER CALORÍFICO
18	18.15	7.76	90.76	1.48	1054.20
80	17.56	6.45	92.67	1.48	895.36
-100	25.62	9.55	87.81	2.64	1362.48

Fuente: Elaboración propia, 2019.

En donde:

$$\%CF = 100 - (\%Ceniza + \% Sólidos volátiles)$$

$$PC = (82 \times \%CF) + (120 \times \%SV) \text{ en Kcal/Kg}$$

Sabiendo que 82 y 120 son factores de tabla y además:

$$\%SV + \%C + \%CF = 100\%$$

Es importante notar que las características mostradas, exponen un adecuado estado de las mezclas, la humedad residente es propia del estado húmedo de las mismas para la elaboración de ladrillos. El porcentaje de ceniza y carbón fijo se relacionan directamente y muestran una adecuada capacidad aislante final que puede adquirir el material al secar, así como también su resistencia al calor.

Una vez estudiado los parámetros físicos y químicos de las mezclas para ladrillos, se llevó a cabo la elaboración de los mismos. Para ello previamente se elaboró el diseño de un molde de ladrillo de acero inoxidable de tipo lego, (ANEXO N° 10) con las medidas de referencia de la Norma Técnica Peruana (NTP) 399.613, Ladrillo de Tipo King Kong de 18 huecos, perteneciente a la NTP, E.070 Albañería, acoplable con la prensa hidráulica de 20Tn que se utilizó como lo muestra la Figura 48.



Figura 48: Molde de ladrillo ecológico

Se vertió la mezcla de manera uniforme en el molde y se lo instaló en la prensa hidráulica de manera correcta, ejerciendo una presión de 5 Tn para lograr el grado de compactación adecuada, se dio un tiempo de reposo y auto fraguado de 10 minutos aproximadamente (Ver Figura 49).



Figura 49: Prensado de la mezcla a 5Tn, para elaboración de ladrillo

Luego se desarmo el molde y se lo retiro cuidadosamente, dando como resultado el ladrillo ecológico con las medidas ya establecidas en norma, (Ver Figura 50 y 51), Es importante resaltar que la presión establecida dependió del criterio y experiencia del investigador, según ensayo y error.

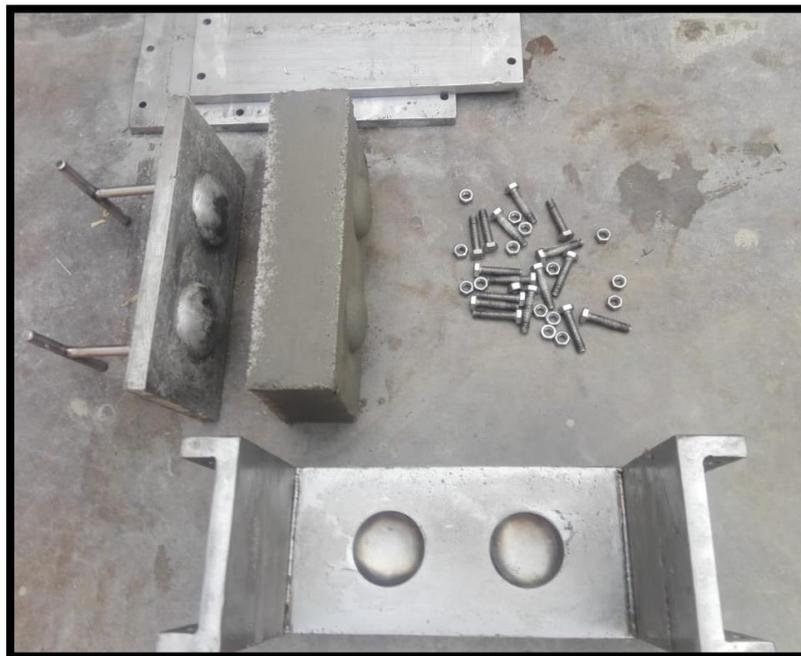


Figura 50: Prensado de la mezcla a 5Tn, para elaboración de ladrillo



Figura 51: Ladrillo ecológico de biosólido prensado

Periodo de secado

Para obtener la proporción de secado con respecto al peso real del ladrillo, se utilizaron 3 muestras representativas (1 de cada malla) de un porcentaje aleatorio de biosólido, el cual fue del 25% del mismo. Las cuales se pesaron húmedas inmediatamente después de haberse fabricado.

El proceso se repitió cada 24 horas, en un periodo de 16 días, (Ver Tabla 46).

Tabla 46: Relación entre el periodo de secado del ladrillo respecto al tiempo

PESO DE LADRILLOS RESPECTO AL TIEMPO EN Kg.			
Fecha	M N°18	M N°80	M N°-100
28-May	4061	4181	3956
29-May	3967	4058	3961
30-May	3949	4003	3513
31-May	3934	3989	3470
1-Jun	3921	3976	3434
2-Jun	3911	3968	3430
3-Jun	3906	3956	3382
4-Jun	3903	3949	3369
5-Jun	3898	3943	3349
6-Jun	3895	3939	3334
7-Jun	3892	3935	3324
8-Jun	3889	3930	3318
9-Jun	3886	3928	3310
10-Jun	3884	3925	3300
11-Jun	3882	3922	3295
12-Jun	3879	3919	3290

Fuente: Elaboración propia, 2019.

A continuación, se muestran los gráficos representativos sobre ella variación del peso de los ladrillos, respecto al tiempo de secados llevados al análisis mediante el programa Excel.

El Gráfico 6 se muestra el análisis del primer la primera variación del peso del ladrillo, respecto al tiempo de secado.

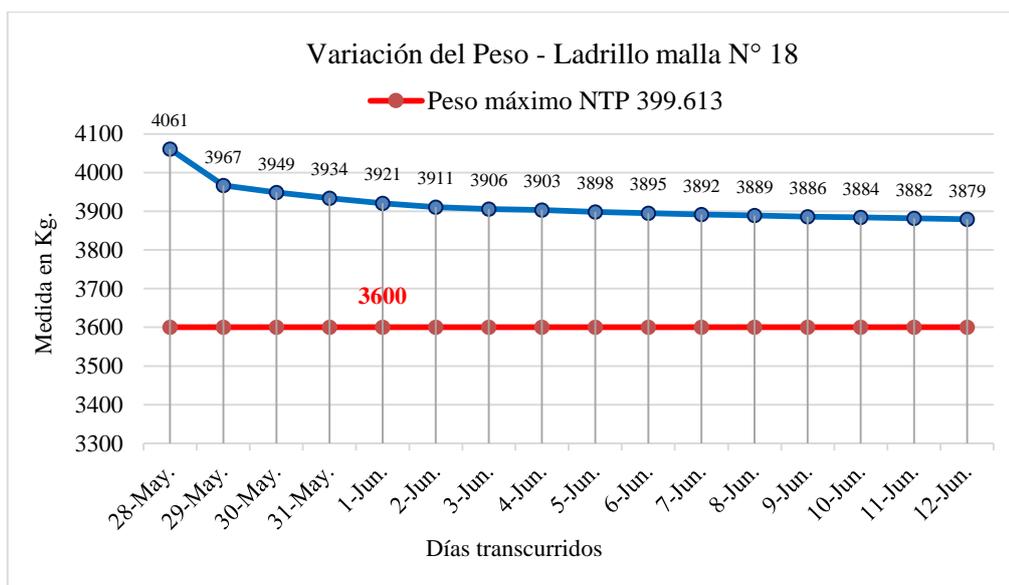


Gráfico 6: Variación del peso respecto al tiempo del ladrillo Malla N° 18 al 25%.
Fuente: Elaboración propia, 2019.

El grafico anterior, se muestra el peso inicial de la muestra representativa del ladrillo al 25% de biosólido de Malla N° 18, de 4061 Kg presentando un descenso de aproximadamente 100g del peso inicial del ladrillo por día, durante los primeros 3 días, luego de 30g, 6g y finalmente una pérdida constante de 2g y de un debido al secado de forma natural, llegando a un valor final de 3879 kg, en los 16 días de prueba, (Ver Figura 52). El Resultado se mostró, por encima del peso máximo establecido de 3600kg, debido a que el ladrillo aun cuenta con un porcentaje de humedad almacenado en sus poros que guardan relación a las características granulométricas de la mezcla. Además, se infiere que para llegar al peso deseado se debería continuar con el secado natural en aproximadamente 2 semanas más de lo establecido.



Figura 52: Peso inicial y final del ladrillo de Malla N° 18

El Gráfico 7 muestra el análisis de la segunda variación del peso del ladrillo, respecto al tiempo de secado.

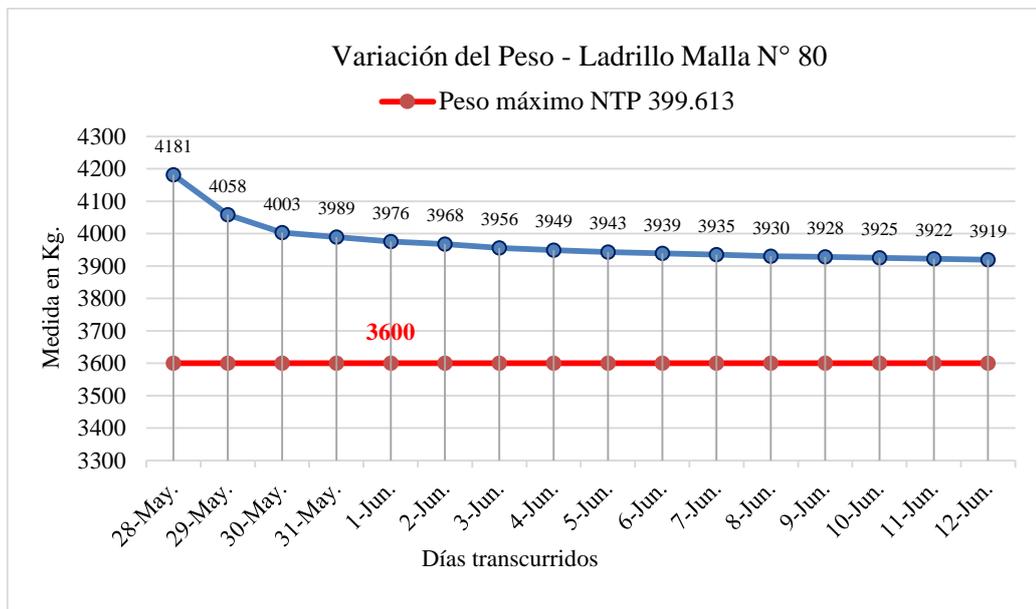


Gráfico 7: Variación del peso respecto al tiempo del ladrillo Malla N° 80 al 25%.
Fuente: Elaboración propia, 2019.

En el grafico anterior, se muestra el peso inicial de la muestra representativa del ladrillo al 25% de biosólido de Malla N°80, de 4181Kg presentando un descenso de aproximadamente 80g del peso inicial del ladrillo por día, durante los primeros días, luego de 40g, 10g y finalmente una pérdida constante de 4g y de un debido al secado de forma natural, llegando a un valor final de 4181 kg, en los 16 días de prueba, (Ver Figura 53).

El Resultado se mostró, por encima del peso máximo establecido anteriormente de 3600kg, debido a que el ladrillo aun cuenta con un porcentaje

de humedad y que, en relación a las características granulométricas de la mezcla, aún se encuentra en sus poros. Se infiere que para llegar al peso deseado se debería continuar con el secado natural en aproximadamente 2 semanas más de lo establecido.



Figura 53: Peso inicial y final del ladrillo de Malla N° 80

El Gráfico 8 muestra el análisis de la última variación del peso del ladrillo, respecto al tiempo de secado.

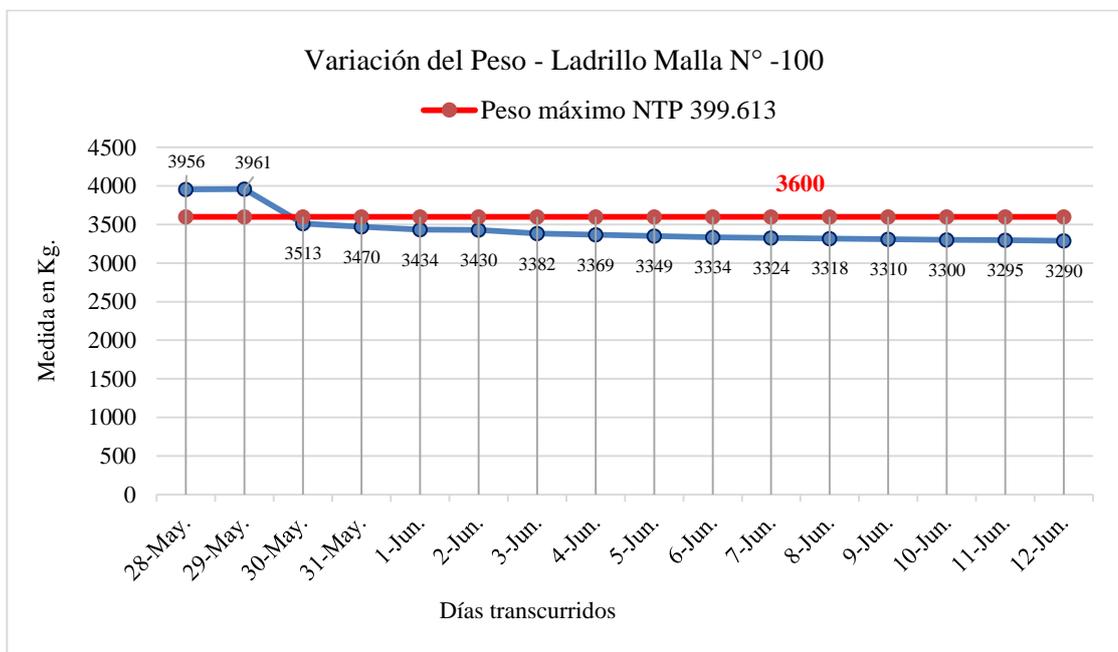


Gráfico 8: Variación del peso respecto al tiempo del ladrillo Malla N° -100 al 25%.
Fuente: Elaboración propia, 2019.

Como se parecía en el gráfico anterior, el peso inicial de la muestra representativa del ladrillo al 25% de biosólido de Malla N°-100, es de 3656

Kg, presentando un descenso de aproximadamente 11g del peso inicial del ladrillo por día en la primera semana y luego un valor constante de 5g en los días restantes, debido al secado de forma natural, llegando a un valor final de 3290 kg, en los 16 días de prueba, (Ver Figura 54). Resultado que se mostró, por debajo del peso máximo establecido anteriormente de 3600kg, debido a la pérdida del material durante el proceso de compresión del ladrillo lo cual se relacionó con la calidad y composición muy fina de la mezcla.



Figura 54: Peso inicial y final del ladrillo de Malla N° -100

En el Gráfico 9, se muestra el análisis en Excel, de la variación total del peso, presentado a continuación:

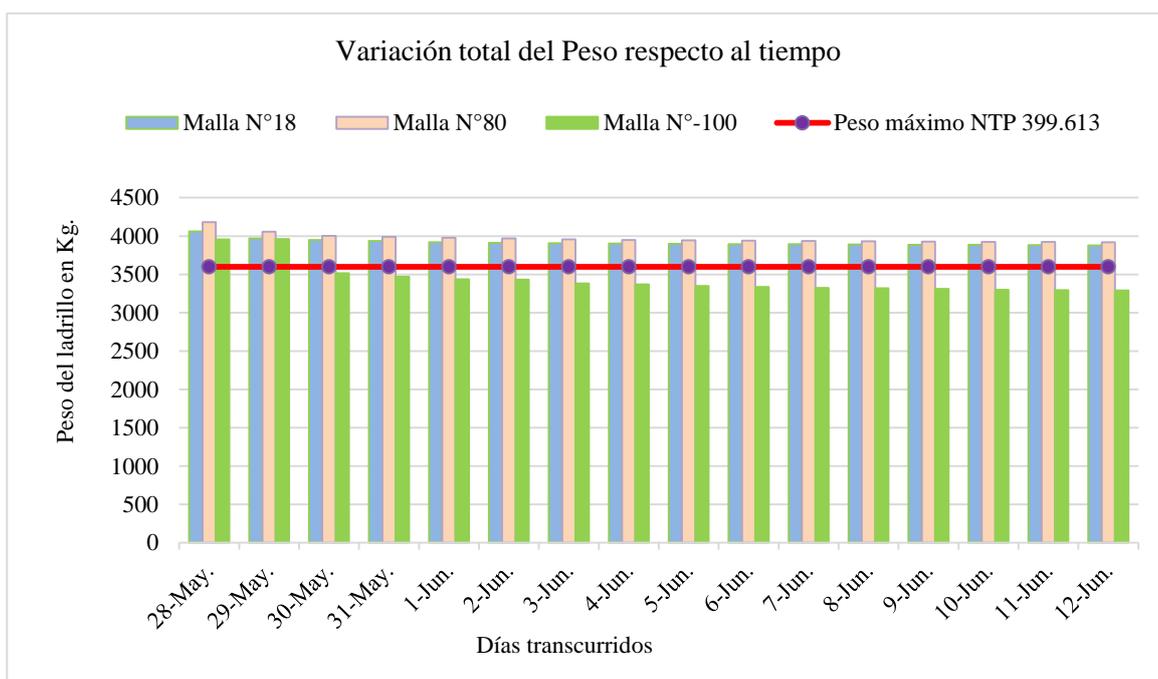


Gráfico 9: Relación entre los pesos totales respecto al tiempo de secado
Fuente: Elaboración propia, 2019.

Como se parecía en los resultados explayados en los gráficos, ningún sujeto de prueba, llegan al peso establecido normado de referencia de 3600 Kg. Ello se debe a las características granulométricas propias de cada ladrillo como su porosidad y su capacidad de almacenamiento de agua y pérdida del material al momento de fabricación por prensado.

E) Etapa N° 5: Fase de control de calidad de ladrillos ecológicos

Se analizaron las propiedades físicas de los ladrillos elaborados con agregados de biosólidos residuales tratados con Cal (CaO) en distintas proporciones, así como también los estudios de resistencia a la compresión, de acuerdo a la normativa peruana E070, albañería, (Ver Figura 55).



Figura 55: Ladrillos ecológicos a base de biosólidos

Dimensiones, peso y densidad del ladrillo

El primer paso, de esta etapa, fue realizar la medición de las dimensiones de los ladrillos ecológicos secos, considerando el largo, ancho y alto. (Ver Figura 56).



Figura 56: Medición dimensional del ladrillo ecológico

Inmediatamente después se realizó el pesado de los 27 ladrillos secos. (Ver Figura 57), luego de un periodo de secado en forma natural a temperatura ambiente de 21 días.



Figura 57: Pesaje del ladrillo ecológico

Posteriormente se realizó el cálculo de la densidad de los mismos haciendo uso de la siguiente ecuación:

$$\text{Densidad} = \frac{\text{Peso Ladrillo (g)}}{\text{Volumen (cm}^3\text{)}}$$

Además:

$$\text{Volumen del ladrillo (cm}^3\text{)} = \text{Largo} \times \text{Ancho} \times \text{Alto}$$

Ensayo de alabeo:

Para realizar la medición del alabeo, de cada ladrillo, se siguió los pasos estandarizados en la NTP 399.613, (Ver Figura 58). En donde se midió el promedio de los valores de la concavidad y convexidad, hallados de la siguiente manera:

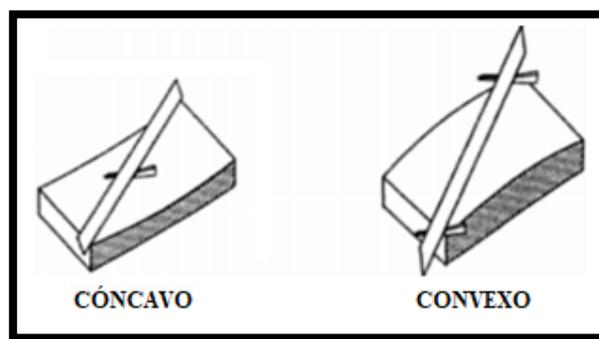


Figura 58: Alabeo de un ladrillo

Primero se colocó la regla longitudinalmente sobre una diagonal de una de las caras mayores del ladrillo y luego se procedió a introducir la escuadra hasta el punto máximo, como se muestra en la Figura 59:



Figura 59: Pesaje del ladrillo ecológico

Ensayo de Absorción

Para realizar el ensayo de absorción, se siguió el procedimiento estandarizado en la NTP 399.613. En primer lugar, se pesó los 9 ladrillos representativos ya secos, luego se sometieron las muestras a la estufa con 110C° por un promedio

de 1 hora, (Ver Figura 60), para luego dejarlas enfriar a temperatura ambiente y volver a pesarlas. Se repitió el procedimiento por 1 hora más, hasta que no se obtuvo variación alguna en el peso, obteniendo la masa seca real de los ladrillos.



Figura 60: Secado de los ladrillos en estufa

Luego de enfriar los ladrillos por un tiempo aproximado de 5 horas, se los sumergieron completamente a un recipiente lleno de agua durante 24 horas, a temperatura ambiente (Ver Figura 61).



Figura 61: Proceso de sumergido de ladrillos

Luego del tiempo indicado se retiraron los ladrillos del recipiente e inmediatamente se realizó el secado del agua superficial y el pesado de los ladrillos, procedimiento en el cual se obtuvo el peso saturado.

Finalmente se realizó el cálculo del cálculo de agua absorbida mediante la siguiente ecuación:

$$\text{Absorción} = \frac{(\text{Peso Saturado}) \times (\text{Peso seco real})}{\text{Peso seco real}} \times 100$$

Para realizar los ensayos de absorción de agua en los ladrillos, fue necesario utilizar como referencia, normativa internacional y nacional. Como: KS 02-1070, IS 1725 y SLS 1382 para adobes o bloques de tierra comprimida, MEZA (2018), Ver Tabla 47.

Tabla 47: Criterios de evaluación para ensayos de adsorción

NORMA	CRITERIO DE EVALUACIÓN
KS 02-1070	% absorción ≤ 15%
IS 1725	% absorción ≤ 15%
SLS 1382	% absorción ≤ 15%
NTP 399.613	% absorción ≤ 22%

Fuente: MEZA (2018).

Acabado

El acabado se realizó de manera objetiva por parte del investigador, enfocándose en las características cualitativas de aspecto final de los ladrillos secos, en las que se categorizaron en escala de Liso, semi rugoso y rugoso, (Ver Figuras 62 y 63).



Figura 62: Acabo de ladrillos cara inferior



Figura 63: Acabo de ladrillos cara superior

Resistencia a la compresión

El ensayo de resistencia a la compresión según la Norma Técnica Peruana (NTP) 399.604, se realizó en dos grupos. Para el primero se analizó la carga máxima de 24 ladrillos elaborados con las dosis de biosólidos de las granulometrías ya establecidas, con una prensa hidráulica manual uniaxial (Ver Figura 64).



Figura 64: Cálculo de la carga máxima de los Ladrillos Ecológicos a base de biosólidos

Es importante resaltar que la carga máxima de los ladrillos, es el peso que aguantan estos hasta su punto de ruptura, tal cual lo muestran las Figuras 65, 66 y 67.



Figura 65: Punto de ruptura del LEB de malla N°18



Figura 66: Punto de ruptura del LEB de malla N°18



Figura 67: Carga máxima total de los LEB

Luego se realizó la medición del área total de cada ladrillo, y finalmente se realizó el cálculo de la resistencia a la compresión en Kg/cm² de la siguiente manera:

$$R. \text{ Compresión} = \frac{\text{Carga máxima (Kg)}}{\text{Área total (cm}^2\text{)}}$$

El segundo grupo de ladrillos, que consistió de 3 unidades con porcentaje al 25, 15 Y 10% y granulometría de malla N° 18, 80 y -100 respectivamente, tomadas al azar. Fueron mandadas a analizar de manera Ex Situ en el laboratorio de Ensayo de Materiales-FIC, UNI, como lo muestran la Figuras 68 y 69.



Figura 68: Ensayos de compresión. UNI-FIC



Figura 69: Ruptura de Ladrillos en la UNI-FI

En la Tabla 48 se muestra el cuadro resumen de las etapas realizadas en la presente investigación.

Tabla 48: *Etapas del desarrollo de investigación.*

ETAPA	FUENTE	TÉCNICA	INSTRUMENTO	RESULTADO
1. Diagnóstico del problema y recolección de muestra	Información Virtual	Observación	Registro de visita de campo	Delimitación del área de estudio poblacional y de muestra.
2. Etapa de Laboratorio	Laboratorio acreditado	Observación	Formato: Parámetros iniciales del biosólido	Parámetros físicoquímicos, microbiológicos y metales pesados del biosólido
3. Estabilización de los biosólidos residuales	Laboratorio acreditado	Observación	- Formato: Dosificación óptima de Cal (CaO)	Dosis de Cal (CaO) para tratar el biosólido y pH adecuados para neutralizar microorganismos
4. Elaboración de ladrillos ecológicos	Laboratorio acreditado	Observación	Formato: Dosificación Óptima para elaborar ladrillos	Dosis óptima de biosólidos residuales, para elaborar ladrillos
5. Control de calidad de ladrillos ecológicos	Laboratorio acreditado	Observación	- Fichas de control de calidad	Propiedades físicas y resistencia mecánica de los ladrillos a base de biosólidos

Fuente: Elaboración propia, 2019.

2.3.3. Validez

La presente investigación fue validada por tres expertos, los cuales brindaron opiniones certeras y técnicas para cada instrumento, observables en los anexos.

Así mismo los análisis pre y post de la experimentación fueron llevados a cabo en el laboratorio de Espectrometría de la Facultad de Ingeniería Geológica y el

laboratorio de Ensayo de Materiales de la Facultad de Ingeniería Civil de la Universidad Nacional de Ingeniería.

Es importante mencionar que la presente investigación hizo uso de una técnica directa de información primaria, enfocado a la experimentación, observación y evidencia fotográfica y análisis continuo que a su vez hace uso de: Ficha de muestreo, Ficha de parámetros iniciales del biosólido, Ficha de neutralización del biosólido, Ficha de composición del ladrillo ecológico y la Ficha de medición de parámetros físico mecánicos del ladrillo ecológico y el software estadístico ms. Excel.

2.3.4. Validación de Expertos

En la Tabla 49, se muestra la validación de los instrumentos por tres expertos

Tabla 49: *Validación de los instrumentos por tres expertos*

ESPECIALISTAS	ESPECIALIDAD/ CARGO	N° COLEGIATURA	% DE VALIDACIÓN
Mg. Luis Fernando Mendoza Apolaya	Ingeniero Ambiental/ Docente UNI	CIP N°213529	95%
Mg.Cecilia Aguirre Moscoso	Ingeniera Civil/ Desarrollo de Proyectos	CIP N° 42355	97.50%
Dr. Jorge Leonardo Jave Nakayo	Ingeniero Agrónomo/ Desarrollo de Proyectos	CIP N° 43444	85%

Fuente: Elaboración propia, 2019.

2.3.5. Confiabilidad

Para CORRAL (2009), los instrumentos para la recolección de datos, como las hojas de registro, entrevistas o fichas de monitoreo, entre otros no necesitan un cálculo de confiabilidad, debido a que se comprueba su validez a través de un juicio de expertos.

Por tal razón, la confiabilidad de la presente investigación fue representada mediante la objetividad de los datos a recolectar en las fichas de evaluación y formatos establecidos, firmados por los especialistas, expresados en los anexos.

2.4. Métodos de Análisis de datos

Para la presente investigación, de acuerdo a lo que se estableció, se tuvieron 27 unidades experimentales, debido a que se aplicó 3 repeticiones para cada una de las 3 distintas granulometrías de 3 porcentajes distintos.

Siendo:

- T1, T2 y T3 = Biosólidos con granulometría Malla N° 18, 80 y -100, respectivamente.
- R1, R2 y R3 = Ladrillos al 25%, 15% y 10% de biosólidos, respectivamente.

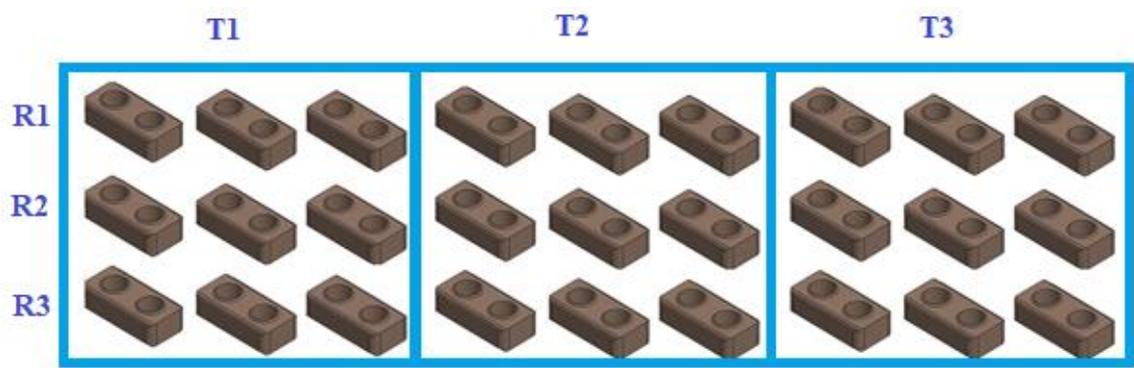


Gráfico 10: Unidades experimentales
Fuente: Elaboración Propia, 2019.

La presente investigación se realizó bajo el diseño completamente al azar, con 3 diferentes proporciones, 3 medidas granulometrías distintas y 3 repeticiones por cada una de ellas.

A la vez al ser una investigación empírica, se utilizó un método de análisis descriptivo, haciendo uso de figuras, tablas y gráficos estadísticos, entre otros, para la interpretación de los resultados a través del software ms. Excel, ya mencionado, mediante gráficos e histogramas

2.5. Aspectos éticos

La presente investigación se desarrolló usando como base, los principios de honestidad y transparencia propios de la Universidad César Vallejo, respetando los aportes de anteriores investigaciones con respecto a la propiedad intelectual de sus autores. De la misma manera, los resultados obtenidos en las distintas etapas fueron plasmados tal cual se obtuvieron, para garantizar la veracidad de los mismos.

Además, en el proceso de realización de toda la tesis, se cuidó el ambiente como factor importante de responsabilidad social.

III. RESULTADOS

Según los objetivos propuestos en la investigación se plantean los siguientes resultados:

3.1. Determinar el pH óptimo para estabilizar los parámetros microbianos y metales pesados presentes en los biosólidos de (PTAR) Planta de tratamiento de aguas residuales domésticas de Ancón, para su posterior uso en la elaboración de ladrillos ecológicos.

La Tabla 50, Indica los valores correspondientes al pH final luego de la experimentación, con tres dosis distintas de Cal (CaO) en 100g de biosólido.

Tabla 50: *Tratamiento por dosificación de Cal (CaO).*

DOSIFICACIÓN DE CAL	PH
3g/100g de muestra	7.5
5g/100g de muestra	8.5
7g/100g de muestra	10
9/100g de muestra	12

Fuente: Elaboración propia, 2019.

Es importante resaltar que las dosificaciones de cal en gramos para los análisis, se determinaron luego de pruebas de ensayos y error las cuales son un aporte propio del autor. Además, se observó que, durante la experimentación con las distintas dosis, estas las presentaban un color blanco amarillento, sin olor, relacionado a la cantidad de Cal (CaO) en gramos de manera directamente proporcional a la cantidad de muestra. Los resultados obtenidos se analizaron en el programa Excel, resultado en la el Gráfico 11 que se muestra a continuación.

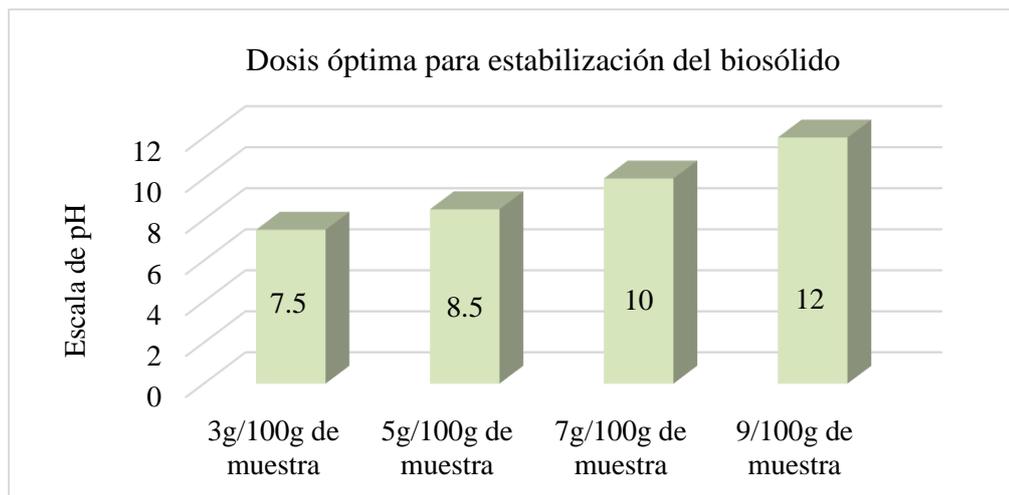


Gráfico 11: Dosis óptima de estabilización del biosólido
Fuente: Elaboración propia, 2019.

A su vez, en la Tabla 51, se mostrará los resultados obtenidos de los metales pesados luego de haber realizado la prueba de absorción atómica.

Tabla 51: Resultados de análisis de metales pesados del biosólido

RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE MUESTRA							
Elemento	Resultado en (%)	Resultado (mg/Kg)	Estándar USA EPA 40 (mg/Kg)	Estándar Argentina (mg/Kg)	Estándar Chile (mg/Kg)	Estándar Colombia (mg/Kg)	Perú M.VIVIENDA 2017 (mg/Kg)
Cobre	0.2379	237.9	1500	1000-1750	1000-1200	1000-1750	1500
Plomo	0.0755	75.5	300	750-1200	300-400	300-400	400
Zinc	0.1862	186.2	-	-	-	-	2400
Hierro	1.8949	1894.9	-	-	-	-	-
Manganeso	0.1026	102.6	-	-	-	-	-
Cadmio	0.0007	0.7	39	20-40	8-40	8-40	40
Arsénico	0.0158	15.8	41	75	20-40	20-40	40

Fuente: Elaboración propia, 2019.

Como se parecía, los resultados iniciales de los metales pesados calculados mediante el método de absorción atómica que se realizó a la muestra de biosólido sin tratamiento alguno, son considerablemente bajos en relación a los estándares globales, lo cual fue muy factible en la elaboración de ladrillos ecológicos, debido a que según la normativa nacional del Ministerio de Vivienda. Decreto supremo

N° 015-2017, los parámetros de toxicidad química de los biosólidos estudiados no muestran peligro alguno, de tal manera que no fue necesario realizar un segundo análisis del producto final.

Resultados de los Parámetros Microbiológicos:

En la Tabla 52, se muestran los resultados totales de las bacterias antes y después de realizar el tratamiento con Cal (CaO), según la dosis más óptima mediante el método de membrana filtrante, el cual se releja en la Figura 70 obtenida en el ensayo de Tinción Gram realizado posteriormente.

Tabla 52: Resultados del Análisis Microbiológico

CODIGO	CARGA ALTA	CARGA MEDIA	CARGA BAJA	UFC/100 ml
BA- Inicial	80	32	22	169866
BA-Tratado	10 ⁰	10 ⁰	10 ⁰	10 ⁰

Fuente: Elaboración propia, 2019.

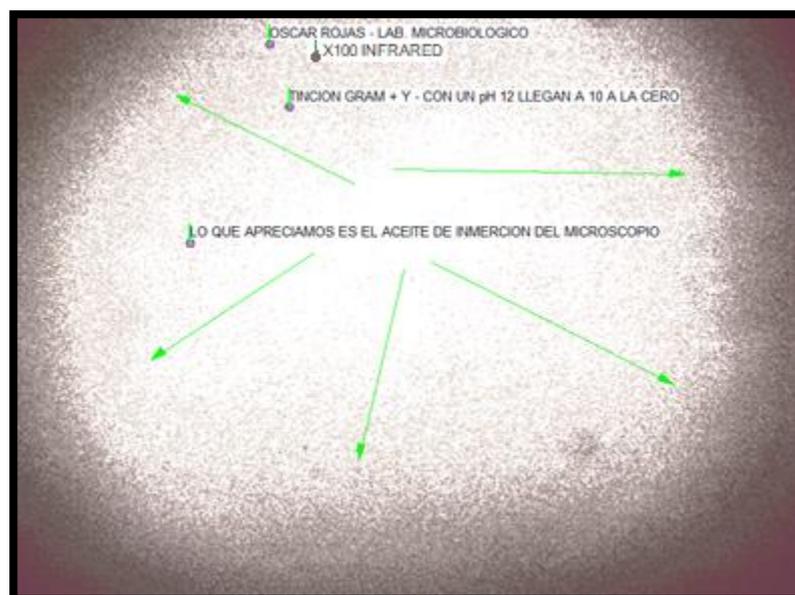


Figura 70: Resultados de la Tinción Gram-Post Tratamiento

Como se puede apreciar, al someter a los biosólidos a un cambio brusco de pH de uno ácido de 6.75, a uno básico de 12, ocurre una eliminación total de bacterias y helmintos, pues baja el número de colonias totales de 169866 UFC/100 ml a un 10⁰, lo cual facilitó el uso de los mismos en la elaboración de los ladrillos.

3.2.Determinar las características físicas de los ladrillos ecológicos, elaborados con biosólidos de (PTAR) Planta de tratamiento de aguas residuales domésticas de Ancón.

Los resultados obtenidos de las características físicas de los ladrillos, fueron importantes para determinar el lugar de pertenecía del producto resultante en el proceso constructivo, en base a la NTP 399.604 y 399.613, mostradas a continuación:

Medidas dimensionales de los Ladrillos Ecológicos a base de Biosólidos (LEB) con granulometría Malla N° 18.

En la Tablas 53, se muestran los resultados obtenidos de las características físicas de los ladrillos ecológicos fabricados con al 25%, 15% y 10% de biosólidos de granulometría Malla N°18.

Tabla 53: Características físicas de los ladrillos de granulometría Malla N°18

ENSAYO DIMENSIONAL DEL LADRILLO						
CÓDIGO	DIMENSIONES (cm)			PESO (g)	VOLUMEN (cm ³)	DENSIDAD (g/cm ³)
MUESTRAS	LARGO	ANCHO	ALTURA			
Ladrillos al 25% de biosólidos						
LEB18-01	25.1	12.1	6.3	3859	1913.37	2.02
LEB18-02	24.9	12.2	7.0	3884	2126.46	1.83
LEB18-03	24.9	12.0	6.4	3879	1912.32	2.03
Ladrillos al 15% de biosólidos						
LEB18-04	25.0	12.0	7.0	3847	2100.00	1.83
LEB18-05	25.0	12.1	6.4	3849	1936.00	1.99
LEB18-06	25.1	12.2	6.3	3861	1929.19	2.00
Ladrillos al 10% de biosólidos						
LEB18-07	25.0	12.1	6.6	3867	1996.50	1.94
LEB18-08	25.1	12.0	6.4	3860	1927.68	2.00
LEB18-09	25.1	12.1	6.5	3923	1974.12	1.99

Fuente: Elaboración propia, 2019.

Los resultados de las medidas dimensionales analizados mediante el programa Excel, se muestran el siguiente gráfico:

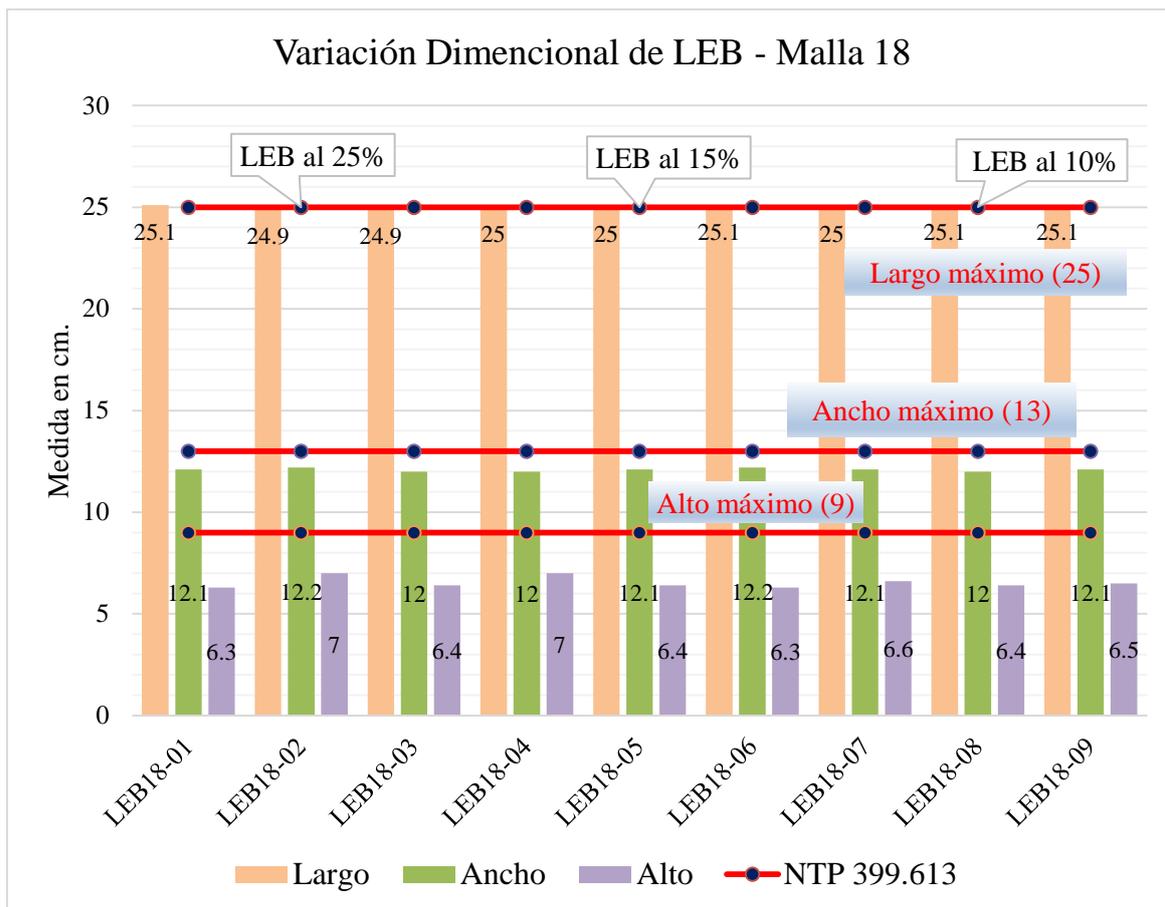


Gráfico 12: Dimensiones de los ladrillos - Malla N° 18
Fuente: Elaboración propia, 2019.

Como se aprecia, a pesar de haberse usado como referencia las medidas del Ladrillo King Kong de 18 huecos, presentes en la Norma Técnica Peruana (NTP) 399.613. Los valores dimensionales de los ladrillos, con respecto a lo establecido, variaron, sobre todo en la altura de un aproximado de 2.8 cm, disminuyendo de 9 a 6.5 debido a la presión de 5 Tn ejercida sobre el molde de acero empleado en la elaboración de los mismos, valores que influenciaron en el volumen de los ladrillos, siendo el máximo de 2126.46 cm³, perteneciente al ladrillo del 25% de biosólidos. De la misma manera el largo y ancho se mantienen en promedios constantes sin presentar mayor variación (± 1 cm en promedio).

Es importante resaltar que las dimensiones resultantes demuestran que pertenecen a la clasificación de los ladrillos ecológicos convencionales, debido a las medidas con las que resultaron, (altura 7 cm), la cual como ya se ha mencionado y fue de ayuda en la investigación.

Resultados de la medición del peso de LEB, Malla 18:

Los pesos resultantes de los ladrillos con característica granulométrica de Malla N° 18, fueron analizados mediante el programa Excel, dando en el siguiente gráfico:

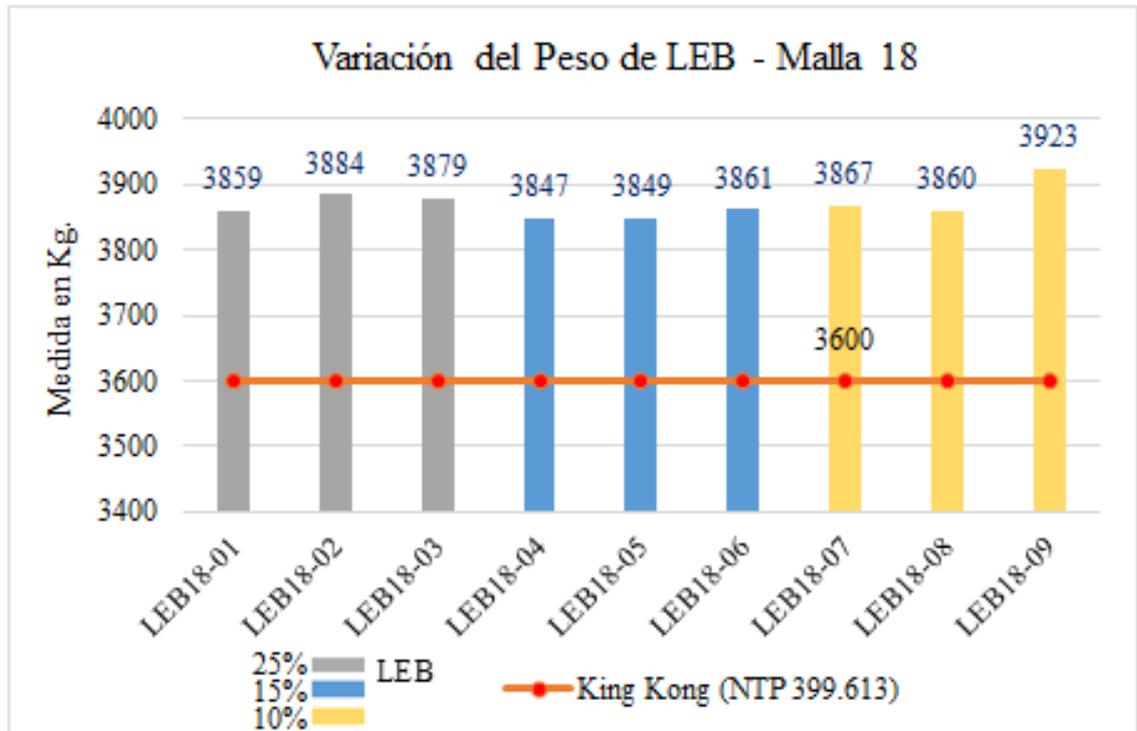


Gráfico 13: Peso de los ladrillos - Malla N° 18

Fuente: Elaboración propia, 2019.

Con respecto al peso, los valores fueron mayores a lo utilizado como referencia de 3600g (NTP 399.613), en un promedio aproximado de 250g. Se infiere que ello fue debido a la humedad aun retenida en los poros presentes de los ladrillos por la característica granulométrica de los biosólidos perteneciente a la Malla N° 18. Siendo el valor máximo de 3923g perteneciente al ladrillo del 10% en dosis de biosólido y 3847g, perteneciente al ladrillo del 15 en dosis de biosólido.

Además, se deduce que los resultados de los pesos no fueron constantes debido a que no se debió despreciar la cantidad de agua utilizada y a las condiciones climáticas adversas en las que se desarrolló esta investigación.

Resultados de la densidad de los LEB, Malla 18:

Para el análisis de densidad, se realizó el siguiente gráfico:

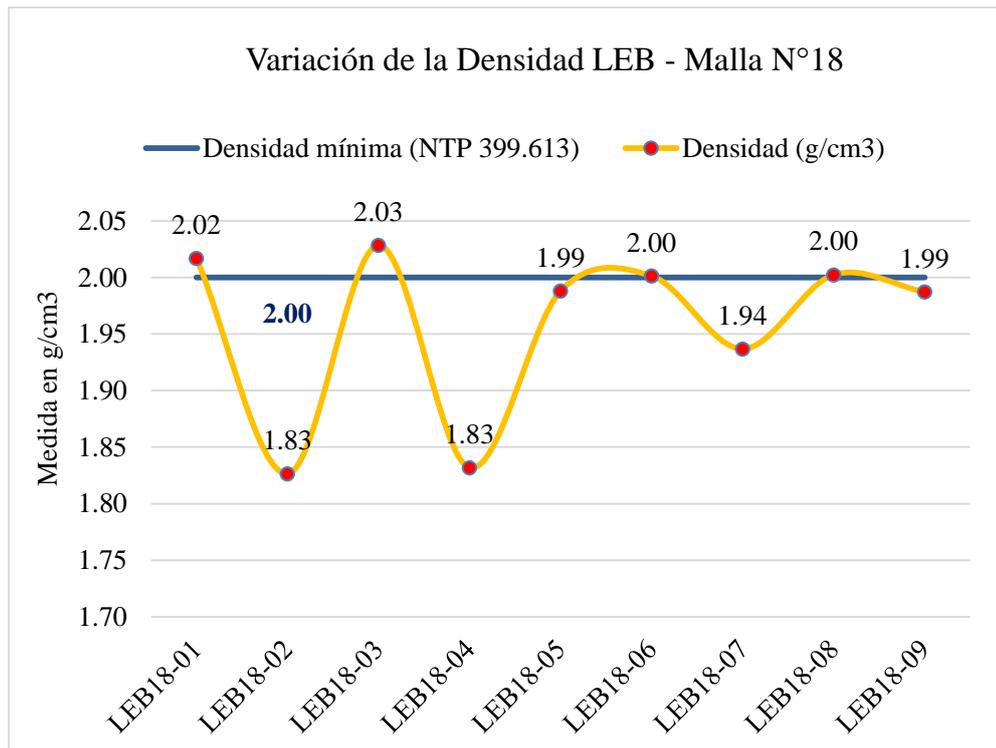


Gráfico 14: Densidad de los ladrillos- Malla N° 18
Fuente: Elaboración propia, 2019.

Como se aprecia en el gráfico anterior, la densidad total en los ladrillos al 25%, 15% y 10% de biosólidos se relaciona de forma directa con su característica granulométrica Malla N°18 y su grado de compactación, mostrando así un valor máximo de 2.03 g/cm³ del LEB18-03 y un mínimo de 1.83 g/cm³ de LEB18-02 y LEB18-04. Además, los resultados totales de densidad, muestran valores mínimos aceptables según el modelo de referencia utilizado de la NTP 399.613 de 2 g/cm³. Estos valores que nos permitieron demostrar la ligereza de los biosólidos como agregados para materiales de construcción.

Resultados de la medida del alabeo de los LEB, Malla 18:

En la Tabla 54 se muestran los resultados obtenidos de los ensayos de la medida del alabeo de los ladrillos con característica granulométrica de Malla 18.

Tabla 54: Resultados de la medida del alabeo en ladrillos con biosólidos de granulometría Malla N°18

ENSAYO DE MEDIDA DEL ALABEO			
CÓDIGO	CÓNCAVO (mm)	CONVEXO (mm)	PROMEDIO (mm)
MUESTRAS			
LEB18-01	2.0	0	1.83
LEB18-02	1.5	0	
LEB18-03	2.0	0	
LEB18-04	2.0	0	1.66
LEB18-05	1.0	0	
LEB18-06	2.0	0	
LEB18-07	2.0	0	2.00
LEB18-08	2.0	0	
LEB18-09	2.0	0	

Fuente: Elaboración propia, 2019.

Para el análisis de la tabla anterior se hizo necesario el uso del programa Excel, dando como resultado el Gráfico 15, presentado a continuación:

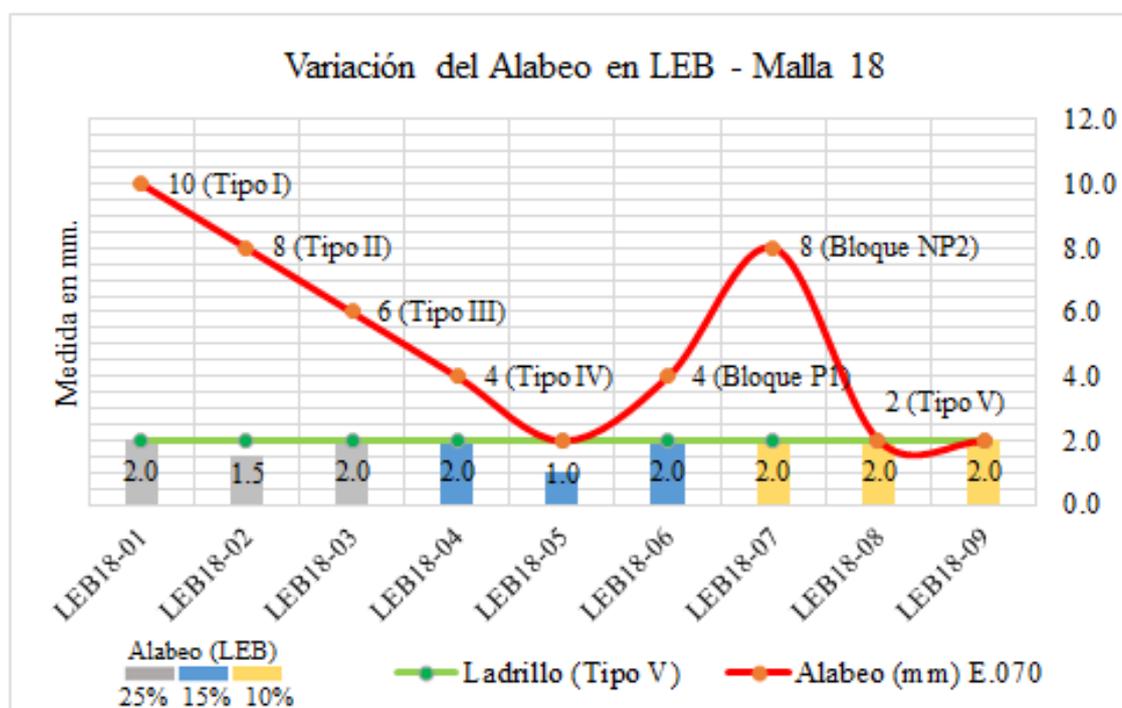


Gráfico 15: Resultados de la Medida del Alabeo – Malla N°18
Fuente: Elaboración propia, 2019.

En el gráfico anterior se aprecia la medida del alabeo de los primeros 9 ladrillos elaborados con biosólidos de granulometría Malla N°18, muestran resultados máximos de 2 mm en los ladrillos del 10% en biosólidos y mínimos de 1.5 mm (LEB18-02) y 1 mm (LEB18-05), siendo aceptables según lo establecido en la norma de referencia y perteneciendo a la clasificación de del Ladrillo de Tipo V de la E.070, pues se encuentran por debajo de lo máximo establecido de 2 mm.

Medidas dimensionales de los Ladrillos Ecológicos a base de Biosólidos (LEB) con granulometría Malla N° 80.

En la Tabla 55, se muestra los resultados obtenidos de las características físicas de los ladrillos ecológicos fabricados con al 25%, 15% y 10% de biosólidos de granulometría Malla N°80.

Tabla 55: Características físicas de los ladrillos de granulometría Malla N°80

ENSAYO DIMENSIONAL DEL LADRILLO						
CÓDIGO	DIMENSIONES (cm)			PESO (g)	VOLUMEN (cm³)	DENSIDAD (g/cm³)
MUESTRAS	LARGO	ANCHO	ALTURA			
Ladrillos al 25% de biosólidos						
LEB80-10	25.0	12.0	6.3	3781	1890.00	2.00
LEB80-11	25.1	12.1	6.5	3911	1974.12	1.98
LEB80-12	25.0	12.0	6.4	3879	1920.00	2.02
Ladrillos al 15% de biosólidos						
LEB80-13	25.1	12.2	6.6	3882	2021.05	1.92
LEB80-14	24.9	12.1	6.2	3876	1868.00	2.07
LEB80-15	25.1	12.0	6.5	3919	1957.80	2.00
Ladrillos al 10% de biosólidos						
LEB80-16	25.0	12.0	6.3	3770	1890.00	1.99
LEB80-17	25.0	12.0	6.5	3788	195000	1.94
LEB80-18	25.0	12.1	6.4	3980	1936.00	2.06

Fuente: Elaboración propia, 2019.

Los resultados de las medidas dimensionales de la Tabla anterior, analizados mediante el programa Excel, se muestran el siguiente gráfico:

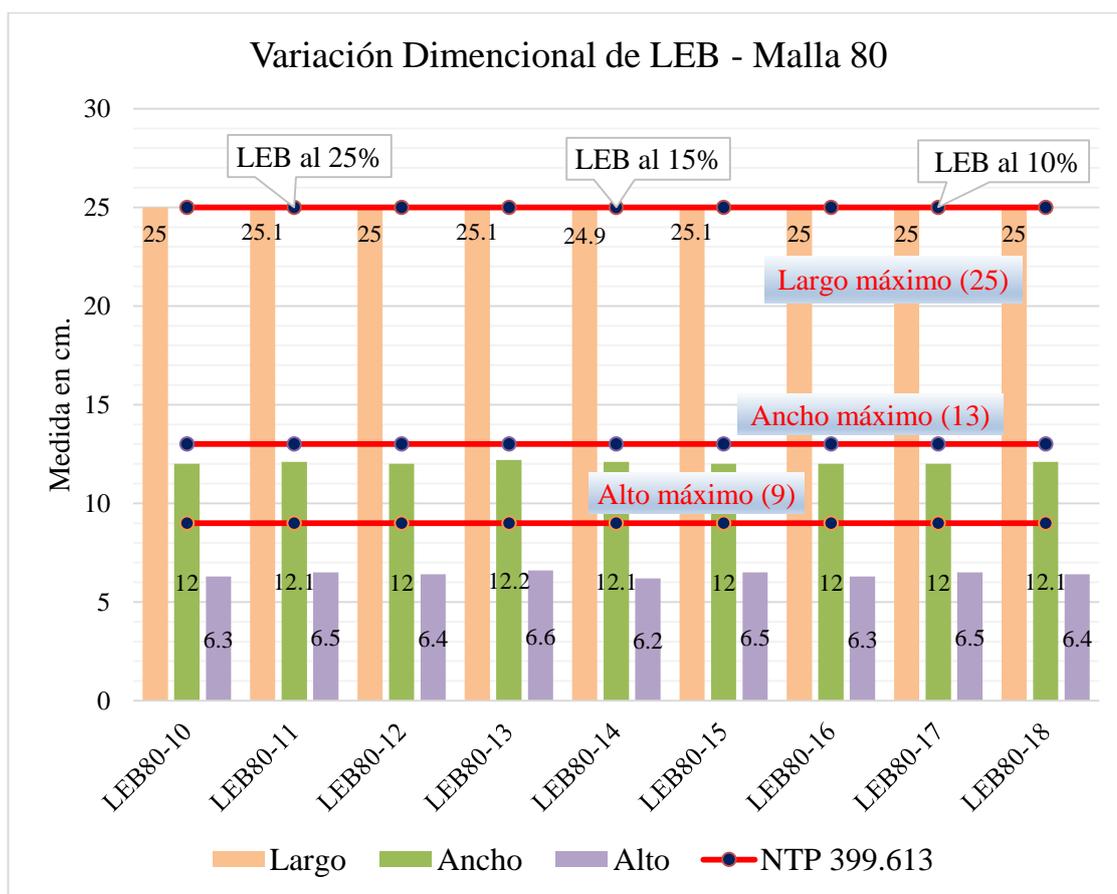


Gráfico 16: Dimensiones de los ladrillos- Malla N° 80
 Fuente: Elaboración propia, 2019.

En el gráfico anterior, los valores dimensionales de los ladrillos se asemejan a lo establecido como ladrillo ecológico, expuesto y demostrado anteriormente. A su vez los valores de altura disminuyeron, en un aproximado de 2.5 cm, teniendo a 6.3 como valor mínimo, debido a la presión de 5 Tn ejercida sobre el molde de acero empleado en la elaboración de los mismos, por otra parte, el ladrillo con código LEB80-13, es el que muestra los valores dimensionales que más se asemejan a los ladrillos ecológicos convencionales. De la misma manera el largo y ancho se mantienen en promedios constantes sin presentar mayor variación (± 1 cm en promedio). Estos valores que influenciaron en el volumen de los ladrillos, siendo el máximo de 2126.46 cm^3 , perteneciente al ladrillo del 15% de biosólidos en composición.

Resultados de la medición del peso de LEB, Malla 80:

Los pesos resultantes de los ladrillos con característica granulométrica de Malla N° 80, fueron analizados mediante el programa Excel, dando en el siguiente gráfico:

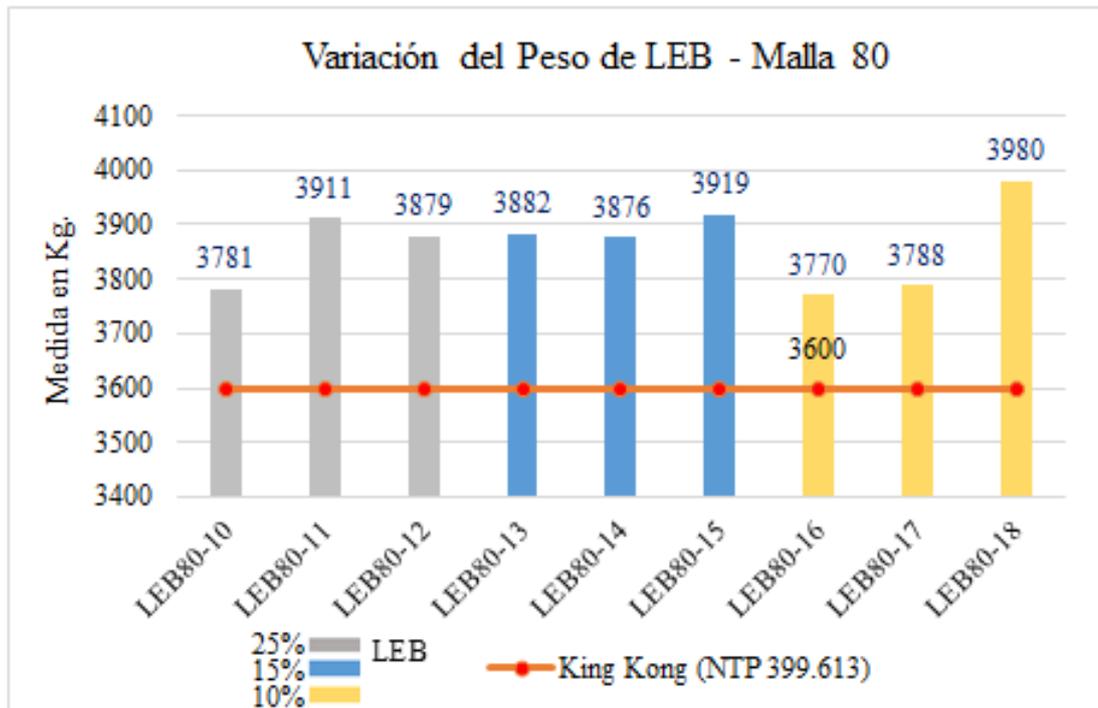


Gráfico 17: Peso de los ladrillos - Malla N° 80
Fuente: Elaboración propia, 2019.

El Gráfico 17, muestra los datos analizados, respecto al peso, de los ladrillos según sus dosis de biosólidos con características pertenecientes a la Malla N° 80. Como se aprecia, los valores fueron mayores a lo referente de 3600g (NTP 399.613), en un promedio aproximado de 245g. Se infiere de igual manera a los resultados anteriores, que ello fue debido a la humedad aún retenida en los poros presentes en estos tipos de ladrillos, el cual aún acumulaba agua.

Siendo el valor máximo de 3980g perteneciente al 25% en dosis de biosólido (LEB80-11) y el mínimo de 3770g perteneciente al 10% en dosis de biosólido (LEB80-17). Se infieren que los resultados finales, fueron influenciados por las condiciones climáticas de humedad y precipitaciones no constantes, en las que se desarrolló esta investigación.

Resultados de la densidad de los LEB, Malla 80:

Para el análisis de densidad, se realizó el siguiente gráfico:

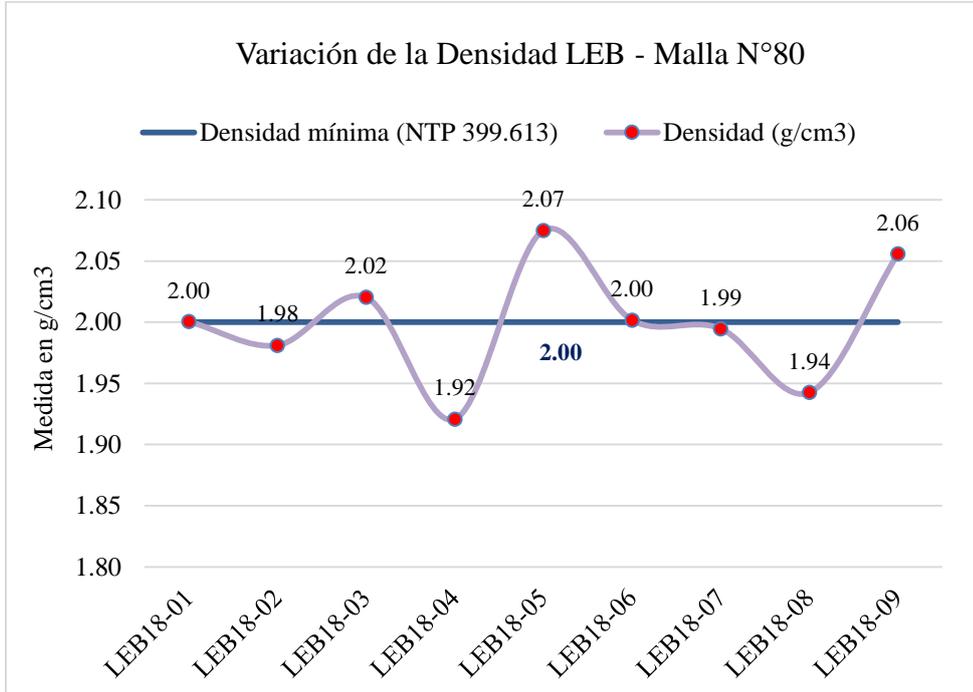


Gráfico 18: Densidad de los ladrillos- Malla N° 18
Fuente: Elaboración propia, 2019.

En el gráfico anterior se observa, la densidad total en los ladrillos al 25%, 15% y 10% en dosis de biosólidos, con características granulométricas de Malla N° 80. Cuyos valores máximos y mínimos fueron de 2.7 g/cm³ en el LEB80-14 y 1.92 g/cm³ del LEB 80-13 respectivamente, pertenecientes al ladrillo del 15 % en dosis de los mismos. Además, los resultados totales de densidad, muestran valores mínimos aceptables según el modelo de referencia utilizado de la NTP 399.613 de 2 g/cm³. Valores que demostraron la ligereza de los biosólidos en la adherencia de las mezclas para este tipo de ladrillos.

Resultados de la medida del alabeo de los LEB, Malla 80:

En la Tabla 56 se muestran los resultados obtenidos de los ensayos de la medida del alabeo de los ladrillos con característica granulométrica de Malla 80.

Tabla 56: Resultados de la medida del alabeo en ladrillos con biosólidos de granulometría Malla N°80

ENSAYO DE MEDIDA DEL ALABEO			
CÓDIGO MUESTRAS	CÓNCAVO (mm)	CÓNCAVO (mm)	PROMEDIO (mm)
LEB80-10	1.7	0	1.40
LEB80-11	1.0	0	
LEB80-12	1.5	0	
LEB80-13	2.0	0	1.56
LEB80-14	1.7	0	
LEB80-15	1.0	0	
LEB80-16	1.5	0	1.50
LEB80-17	1.0	0	
LEB80-18	2.0	0	

Fuente: Elaboración propia, 2019.

Para el análisis de la tabla anterior fue necesario el uso del programa Excel, dando como resultado el Gráfico 19, presentada a continuación:

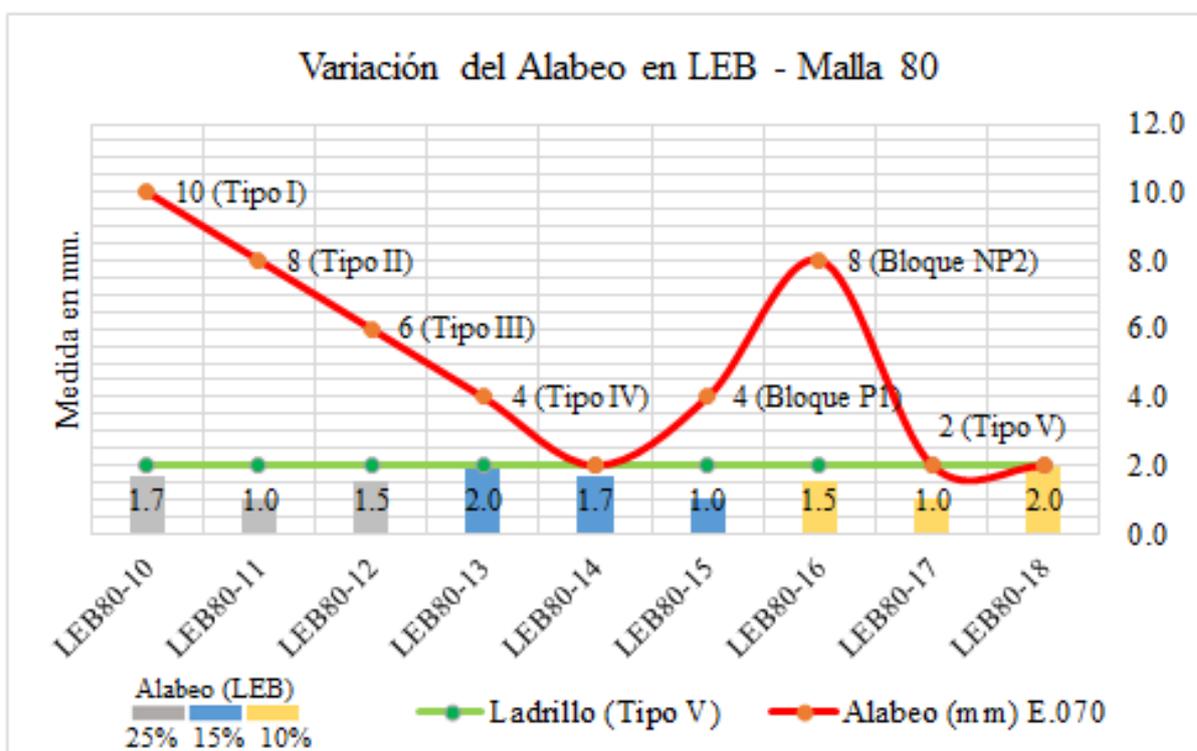


Gráfico 19: Resultados de la Medida del Alabeo – Malla N°80
Fuente: Elaboración propia, 2019.

En el gráfico anterior se aprecia la medida del alabeo del segundo grupo de ladrillos elaborados con biosólidos de granulometría Malla N°80, muestran resultados máximos de 2 mm en los ladrillos del 15% en biosólidos y mínimos de 1.7 mm (LEB80-14 y 10) y 1 mm (LEB80-11 y 17), siendo aceptables según lo establecido en la en la norma de referencia y perteneciendo a la clasificación de del Ladrillo de Tipo V de la E.070, pues se encuentran por debajo de lo máximo establecido de 2 mm.

Medidas dimensionales de los Ladrillos Ecológicos a base de Biosólidos (LEB) con granulometría Malla N° -100.

En la Tablas 57, se muestran los resultados obtenidos de las características físicas de los ladrillos ecológicos fabricados con al 25%, 15% y 10% de biosólidos de granulometría Malla N°-100.

Tabla 57: Características físicas de los ladrillos de granulometría Malla N°-100

RESULTADOS FÍSICOS DE LOS LADRILLOS								
Código	Dimensiones (cm)			Peso	Volumen	Densidad	Alabeo	Absorción
Muestras	Largo	Ancho	Altura	(g)	(cm ³)	(g/cm ³)	(mm)	(%)
Ladrillos al 25% de biosólidos								
LEB-100-19	25.0	12.0	6.3	3388	1890.00	1.79	1.0	2.9
LEB-100-20	25.0	12.0	6.3	3446	1890.00	1.82	1.0	
LEB-100-21	25.1	12.0	6.2	3427	1867.44	1.84	1.0	
Ladrillos al 15% de biosólidos								
LEB-100-22	25.0	12.0	6.4	3370	1920.00	1.76	1.0	2.77
LEB-100-23	25.1	12.1	6.4	3385	1943.74	1.74	1.5	
LEB-100-24	25.0	12.1	6.3	3384	1905.75	1.78	1.0	
Ladrillos al 10% de biosólidos								
LEB-100-25	25.0	12.0	6.1	3284	1830.00	1.79	1.0	2.77
LEB-100-26	25.0	12.0	6.2	3353	1860.00	1.80	1.0	
LEB-100-27	25.2	12.1	6.0	3290	1829.52	1.80	1.0	

Fuente: Elaboración propia, 2019.

Al analizar medidas dimensionales de la Tabla 57, mediante el programa Excel, se obtuvo el siguiente gráfico:

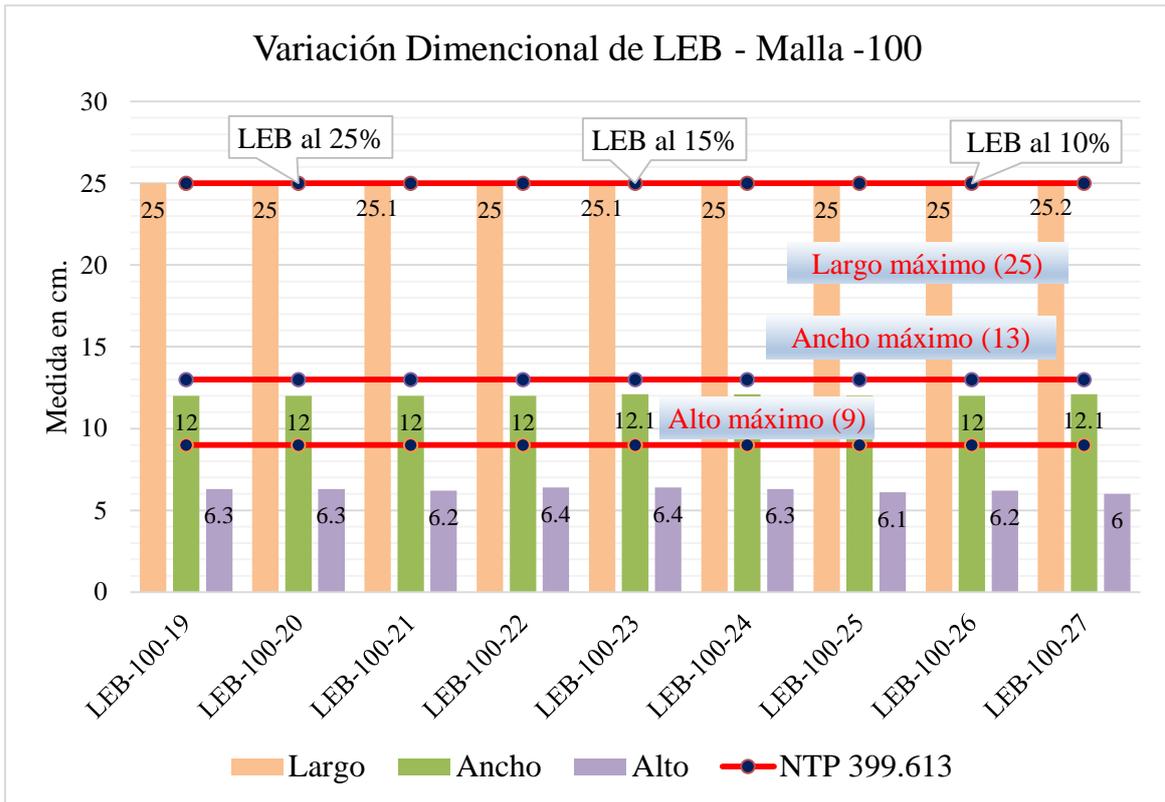


Gráfico 20: Dimensiones de los ladrillos- Malla N° 80
Fuente: Elaboración propia, 2019.

En el gráfico anterior, se observa los resultados de las mediciones dimensionales de los ladrillos que se asemejan a lo establecido como ladrillo ecológico, expuesto y demostrado anteriormente. A su vez los valores de altura disminuyeron, de estos últimos 9 ladrillos disminuyeron en gran medida en un aproximado de 2.3 cm, debido a la presión ejercida empleada en la elaboración de los mismos. Siendo el valor máximo perteneciente al ladrillo LEB-100-23, del 15% de composición de biosólidos. A su vez estos valores influenciaron en el volumen de los ladrillos, siendo el máximo de 1943.74cm^3 , perteneciente al mismo sujeto de prueba.

Resultados de la medición del peso de LEB, Malla -100:

Con respecto al peso de los ladrillos con característica granulométrica de Malla N° -100, analizados mediante el programa Excel se presenta en el siguiente gráfico:

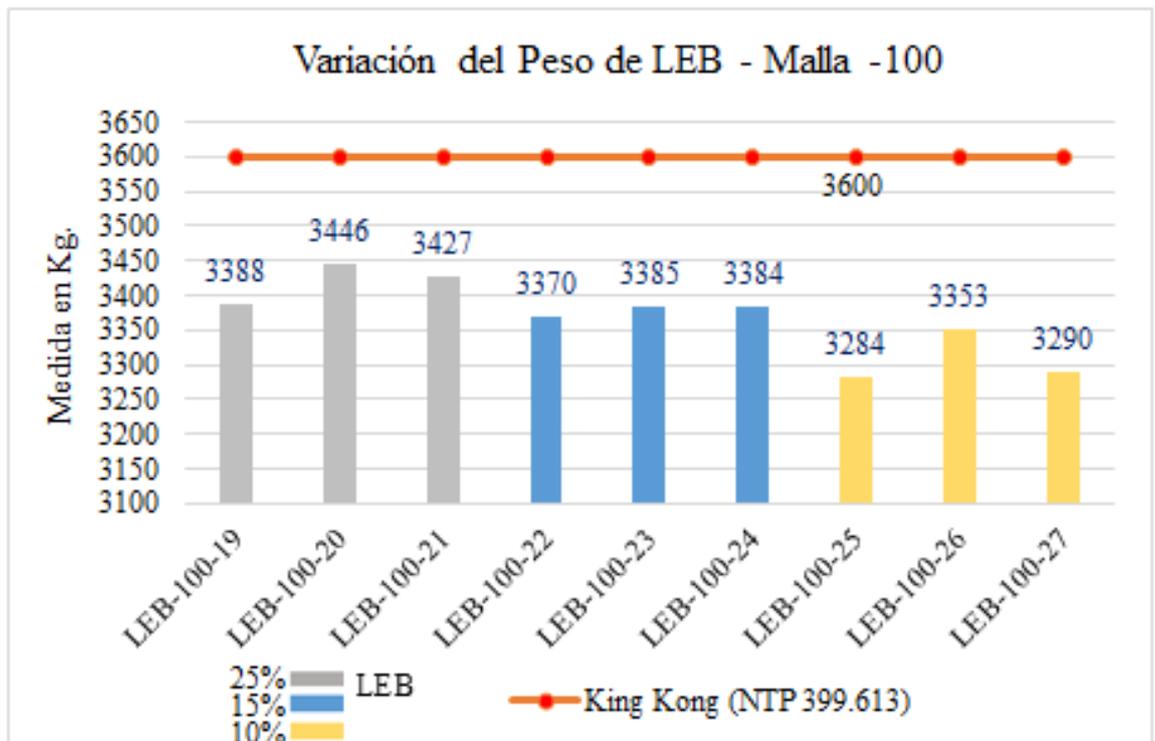


Gráfico 21: Peso de los ladrillos - Malla N° -100
Fuente: Elaboración propia, 2019.

En Gráfico 21 que se muestra, se observa los datos analizados, respecto al peso, de los ladrillos según las dosis del 25%, 15% y 15% de biosólidos con características pertenecientes a la Malla N° -100. Como se aprecia, valores fueron menores a lo referente de 3600g en un promedio aproximado de 350g.

Ello se debió a que la presión utilizada ya mencionada causó la pérdida del material, por filtración en los espacios vacíos del molde, la cual dependió de la característica granulométrica de los biosólidos pertenecientes a este grupo de ladrillos. Siendo 3446g el peso máximo del ladrillo al 25% de biosólidos y el peso mínimo de 3284g perteneciente al 10% de biosólidos en dosis.

Resultados de la densidad de los LEB, Malla -100:

Para el análisis de densidad, se realizó el siguiente gráfico:

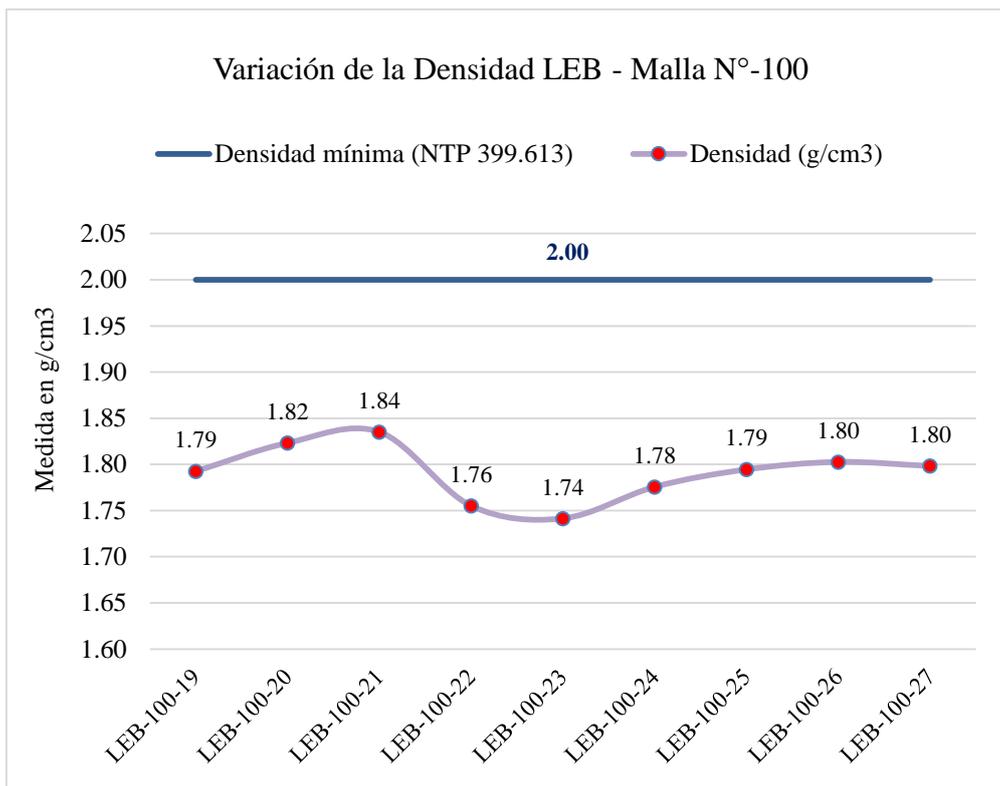


Gráfico 22: Densidad de los ladrillos- Malla N° -100
Fuente: Elaboración propia, 2019.

El Gráfico 22, muestra la densidad total en los ladrillos al 25%, 15% y 10% en dosis de biosólidos, con características granulométricas de Malla N° -100. Cuyos valores máximos y mínimos fueron de 1.84 g/cm³ y 1.74 g/cm³ respectivamente, pertenecientes a los ladrillos del 25 % y 15% en dosis de los mismos. Además, los resultados totales de densidad, muestran valores mínimos aceptables según el modelo de referencia utilizado de la NTP 399.613 de 2 g/cm³. Valores que demostraron la ligereza de los biosólidos en la adherencia de las mezclas para este tipo de ladrillos

Resultados de la medida del alabeo de los LEB, Malla -100:

En la Tabla 58 se muestran los resultados obtenidos de los ensayos de la medida del alabeo de los ladrillos con característica granulométrica de Malla -100.

Tabla 58: Resultados de la medida del alabeo en ladrillos con biosólidos de granulometría Malla N°-100

ENSAYO DE MEDIDA DEL ALABEO			
CÓDIGO	CÓNCAVO (mm)	CONVEXO (mm)	PROMEDIO (mm)
MUESTRAS			
LEB80-19	1.0	0	10
LEB80-20	1.0	0	
LEB80-21	1.0	0	
LEB80-22	1.0	0	1.2
LEB80-23	1.5	0	
LEB80-24	1.0	0	
LEB80-25	1.0	0	1.0
LEB80-26	1.0	0	
LEB80-27	1.0	0	

Fuente: Elaboración propia, 2019.

Para el análisis de la tabla anterior fue necesario el uso del programa Excel, dando como resultado el Gráfico 23, presentada a continuación:

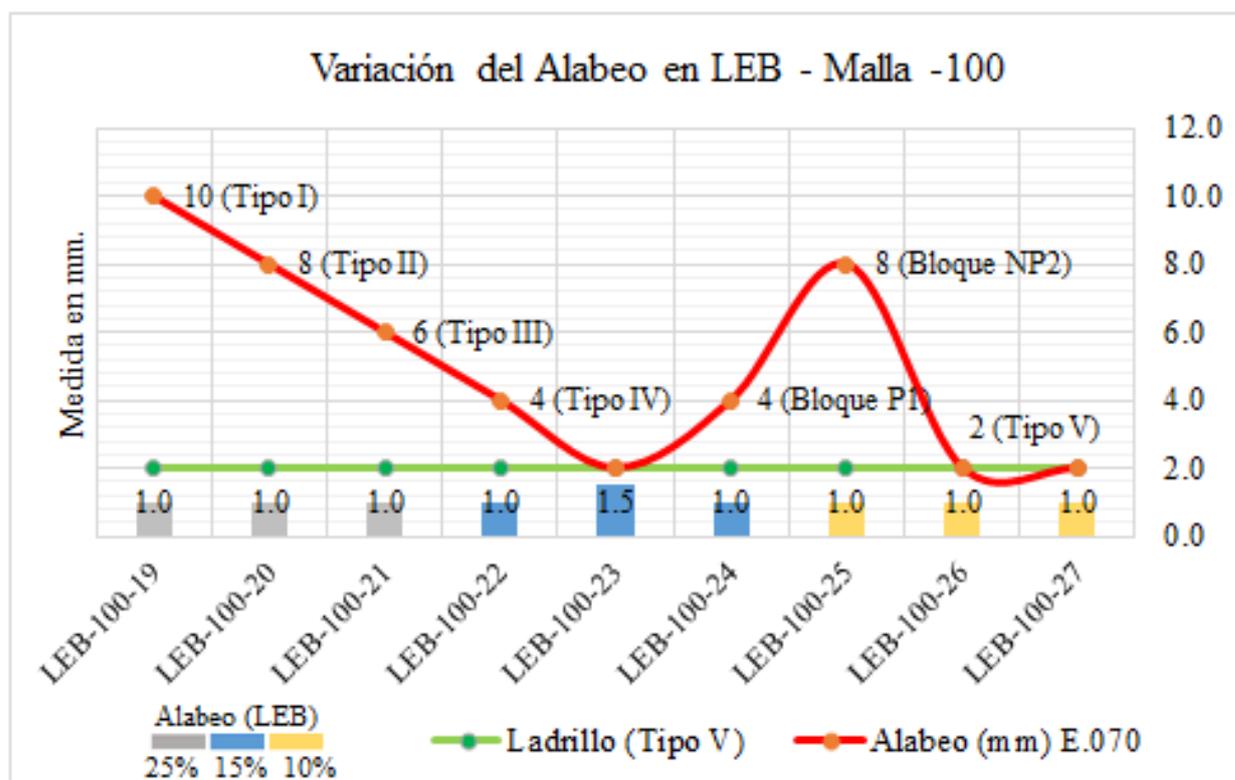


Gráfico 23: Resultados de la Medida del Alabeo— Malla N°-100

Fuente: Elaboración propia, 2019.

En el Gráfico 23, se puede apreciar que los valores totales de la medida del alabeo de los ladrillos ecológicos característica granulométrica de Malla N° -100 muestran un valor máximo de 1.5 cm, en el LEB-100-23 al 15%. Siendo los ladrillos elaborados al 25 y 10% de biosólidos de los de menor valor (1 mm) lo cual no influye en producto final, siendo aceptables según lo establecido en la norma de referencia y perteneciendo a la clasificación de del Ladrillo de Tipo V de la E.070, pues se encuentran por debajo de lo máximo establecido de 2 mm.

Resultados del acabado final de los LEB:

En la Tabla 59, se muestran los resultados del acabado de los ladrillos elaborados con biosólidos de PTAR.

Tabla 59: *Acabado final de los ladrillos ecológicos*

MALLA	ACABADO
Ladrillos al 25% de biosólidos	
N° 18	Rugoso
N° 80	Semi-liso
N° -100	Liso
Ladrillos al 15% de biosólidos	
N° 18	Rugoso
N° 80	Semi-liso
N° -100	Liso
Ladrillos al 10% de biosólidos	
N° 18	Rugoso
N° 80	Semi-rugoso
N° -100	Liso

Fuente: Elaboración propia, 2019.

Como se aprecia, el acabado de los ladrillos dependió de forma directa de los 3 tipos de granulometrías de biosólidos y de arena de sílice utilizadas en la fabricación de los mismos. Siendo los ladrillos elaborados con biosólidos de la Malla N°18 los de aspecto más rugoso, los de la Malla N° 80 de aspecto semi-rugoso y los de la Malla N°-100 el de aspecto más liso. Características que se mantuvieron en todos los ladrillos elaborados con las 3 dosis porcentuales de biosólidos establecidas.

Resultados de la absorción de LEB:

La Tabla 60, muestra los valores de absorción a 24 horas de los ladrillos ecológicos.

Tabla 60: Resultados de la absorción de los ladrillos a 24 horas

ABSORCIÓN DE LOS LADRILLOS					
CÓDIGO	Peso normal (g)	Peso seco en estufa (g)	Peso saturado (g)	Contenido de Agua (%)	% Promedio
LEB18-01	3859	3783	4163	10.04	9.87
LEB18-06	3861	3785	4155	9.78	
LEB18-09	3923	3847	4224	9.80	
LEB80-11	3911	3811	3999	4.93	4.87
LEB80-14	3876	3778	3966	4.98	
LEB80-18	3980	3882	4065	4.71	
LEB-100-19	3388	3273	3368	2.90	2.81
LEB-100-22	3370	3358	3451	2.77	
LEB-100-26	3353	3250	3340	2.77	

Fuente: Elaboración propia, 2019.

En la tabla anterior se muestra los resultados del procedimiento llevado a cabo en el laboratorio para el cálculo de la absorción de los ladrillos a 24 horas según lo establecido en la Norma Técnica Peruana (NTP) 399.613. Dando como valores promedios de absorción, de 9 ladrillos seleccionados con los porcentajes establecidos de 25%, 15% y 10% de biosólido en composición de forma respectiva, seleccionados de manera aleatoria de los tres grupos de ladrillos fabricados con biosólidos con granulometría N° 18, 80 y -100.

Siendo así el valor máximo promedio del 9.87% de absorción, perteneciente a los tres primeros ladrillos, con característica granulométrica N°18. Por otro lado, los ladrillos con composición de biosólidos con característica granulométrica N°80, mostraron un resultado de absorción del 4.87% y finalmente el resultado para los últimos 3 ladrillos elaborados con biosólidos con granulometría N° -100, fue del 2.81% en promedio.

Es importante resaltar que, debido a los resultados mostrados, se infiere que la absorción del agua, depende de la porosidad de las muestras, valor que está relacionado de manera directa a la composición granulométrica del biosólido, es

decir mientras más grueso sea la materia prima para la elaboración de los ladrillos, mayor será la retención de agua en los poros formados de los mismos.

Con respecto al análisis de los resultados totales de absorción, llevados al programa Excel, dio como resultado el siguiente gráfico.

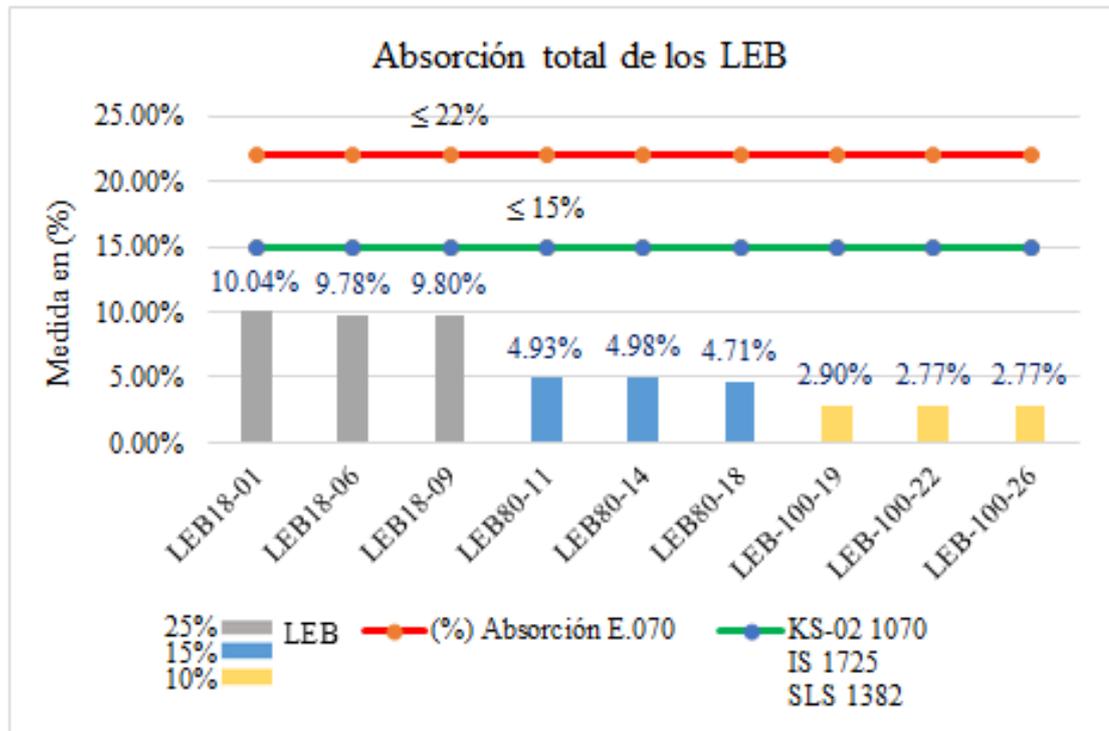


Gráfico 24: Resultados de la absorción de los ladrillos
Fuente: Elaboración propia, 2019.

El Gráfico 24, nos muestra los resultados que los ladrillos sometidos al ensayo de absorción en comparación a los máximos porcentajes aceptables para ladrillos cerámicos establecidos de la Norma Técnica Peruana E.070 del 22% y de las internacionales KS-02 1070, IS 1725 y SLS 1382 $\leq 15\%$, (Ver Tabla 47), los cuales, como se aprecia, se encuentran por debajo de los valores máximos reglamentados.

3.3. Determinar la carga máxima y resistencia a la compresión de los ladrillos ecológicos, elaborados con biosólidos de (PTAR) Planta de tratamiento de aguas residuales domésticas de Ancón.

Resultados de la carga máxima y resistencia a la compresión de los LEB con característica granulométrica Malla 18:

La Tabla 61, muestra los resultados correspondientes de la capacidad de carga máxima y la resistencia a la compresión de los tres grupos de ladrillos ecológicos a base de biosólidos al 25%, 15% y 10% en dosis, con característica granulométrica de Malla N° 18.

Tabla 61: Resultados de la resistencia a la compresión, ladrillos Malla N° 18

CÓDIGO	DIMENSIONES (cm)			ÁREA BRUTA (cm ²)	CARGA MÁXIMA (Kg)	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (Kg/cm ²)
	MUESTRAS	LARGO	ANCHO			
Ladrillos al 25% de biosólidos						
LEB18-01	25.1	12.1	6.3	303.71	85775	282.4
LEB18-02	24.9	12.2	7.0	303.78	86875	286.0
LEB18-03	24.9	12.0	6.4	298.8	87770	293.7
Ladrillos al 15% de biosólidos						
LEB18-04	25.0	12.0	7.0	300.00	85765	285.9
LEB18-05	25.0	12.1	6.4	302.50	87765	290.1
LEB18-06	25.1	12.2	6.3	306.22	84753	276.8
Ladrillos al 10% de biosólidos						
LEB18-07	25.0	12.1	6.6	302.50	86745	286.8
LEB18-08	25.1	12.0	6.4	301.20	86755	288.0
LEB18-09	25.1	12.1	6.5	303.71	85776	283.4

Fuente: Elaboración propia, 2019.

Al analizar de los resultados totales de la resistencia a la compresión, llevados al programa Excel, dio como resultado el Gráfico 25, presentado a continuación:

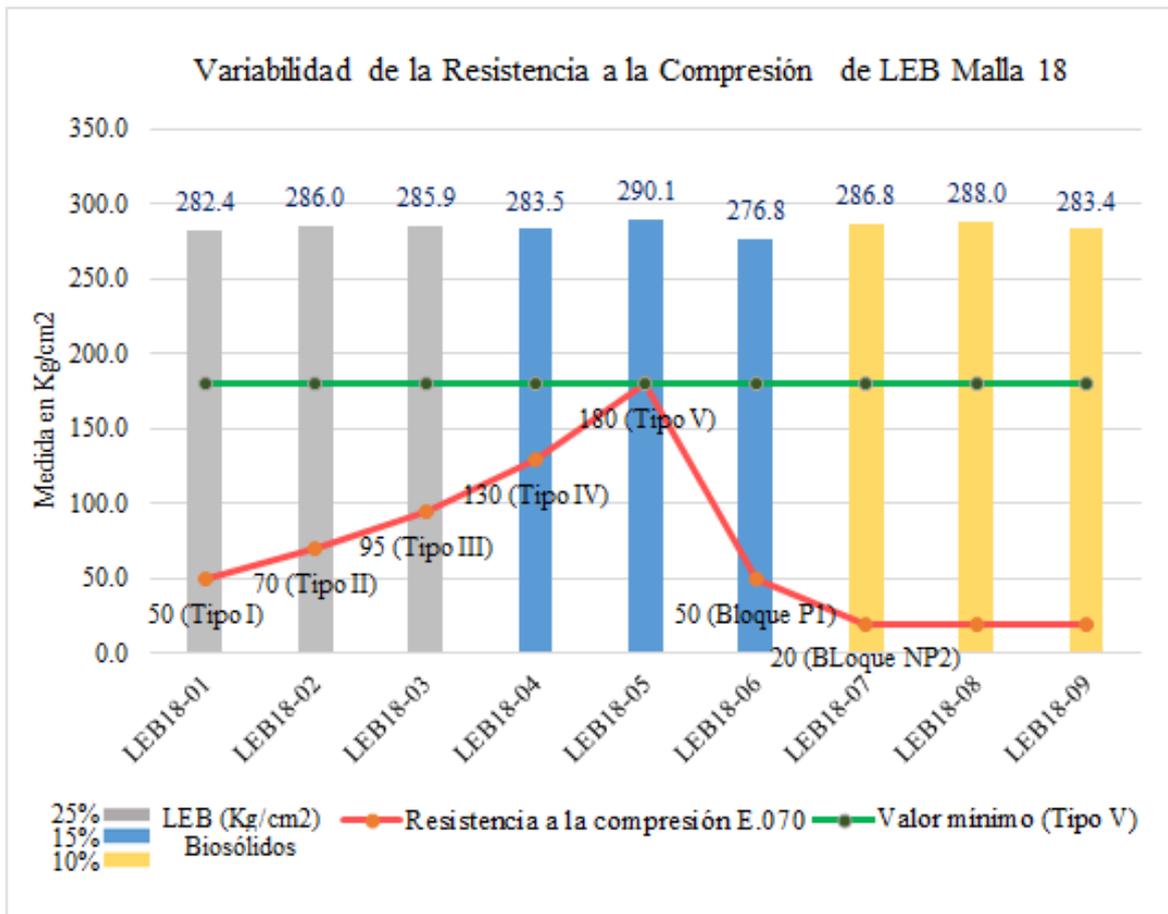


Gráfico 25: Resultados de la resistencia a la compresión de la Malla 18
Fuente: Elaboración propia, 2019.

En el Gráfico 25, se muestran los resultados obtenidos, de la resistencia a la compresión de los 9 primeros ladrillos elaborados con distintas dosis de biosólidos con granulometría N° 18, los cuales muestran valores superiores al mínimo de 12 Kg/cm², exigido por la Norma de Adobe E.080. Un valor máximo de 290.1 Kg/cm² (LEB18-05) y mínimo de 276.8 Kg/cm² (LEB18-06) ambos perteneciente a la dosis del 15% de biosólidos. A su vez estos resultados totales, son mayores la resistencia característica del modelo usado de referencia utilizado en la elaboración de los mismos (Ladrillo King Kong de 18 huecos) cuya resistencia máxima es de 162 Kg/cm². Perteneciendo así a la clasificación de los ladrillos Tipo V de la tabla de clase de unidad de albañilería para fines estructurales de la Norma de Albañilería E.070 cuyo valor de resistencia mínima es de 180 Kg/cm², pues como se aprecia, los valores totales se encuentran por encima de establecido a los 5 Tipos de Ladrillos.

Resultados de la carga máxima y resistencia a la compresión de los LEB con característica granulométrica Malla 80:

La Tabla 62, presenta los resultados correspondientes de la capacidad de carga máxima y la resistencia a la compresión de los tres grupos de ladrillos ecológicos a base de biosólidos al 25%, 15% y 10% en dosis, con característica granulométrica de Malla N° 80.

Tabla 62: Resultados de la resistencia a la compresión, ladrillos Malla N° 80

CÓDIGO	DIMENSIONES (cm)			ÁREA BRUTA (cm ²)	CARGA MÁXIMA (Kg)	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (Kg/cm ²)
	MUESTRAS	LARGO	ANCHO			
Ladrillos al 25% de biosólidos						
LEB80-10	25.0	12.0	6.3	300.00	74956	246.8
LEB80-11	25.1	12.1	6.5	303.71	74791	249.3
LEB80-12	25.0	12.0	6.4	300.00	75120	247.3
Ladrillos al 15% de biosólidos						
LEB80-13	25.1	12.2	6.6	306.22	74123	247.1
LEB80-14	24.9	12.1	6.2	301.29	75231	245.7
LEB80-15	25.1	12.0	6.5	301.20	74792	248.3
Ladrillos al 10% de biosólidos						
LEB80-16	25.0	12.0	6.3	300.00	73896	245.3
LEB80-17	25.0	12.0	6.5	300.00	74792	248.3
LEB80-18	25.0	12.1	6.4	302.5	74695	249.0

Fuente: Elaboración propia, 2019.

Al analizar de los resultados totales de la resistencia a la compresión, llevados al programa Excel, dio como resultado el Gráfico 26, presentado a continuación:

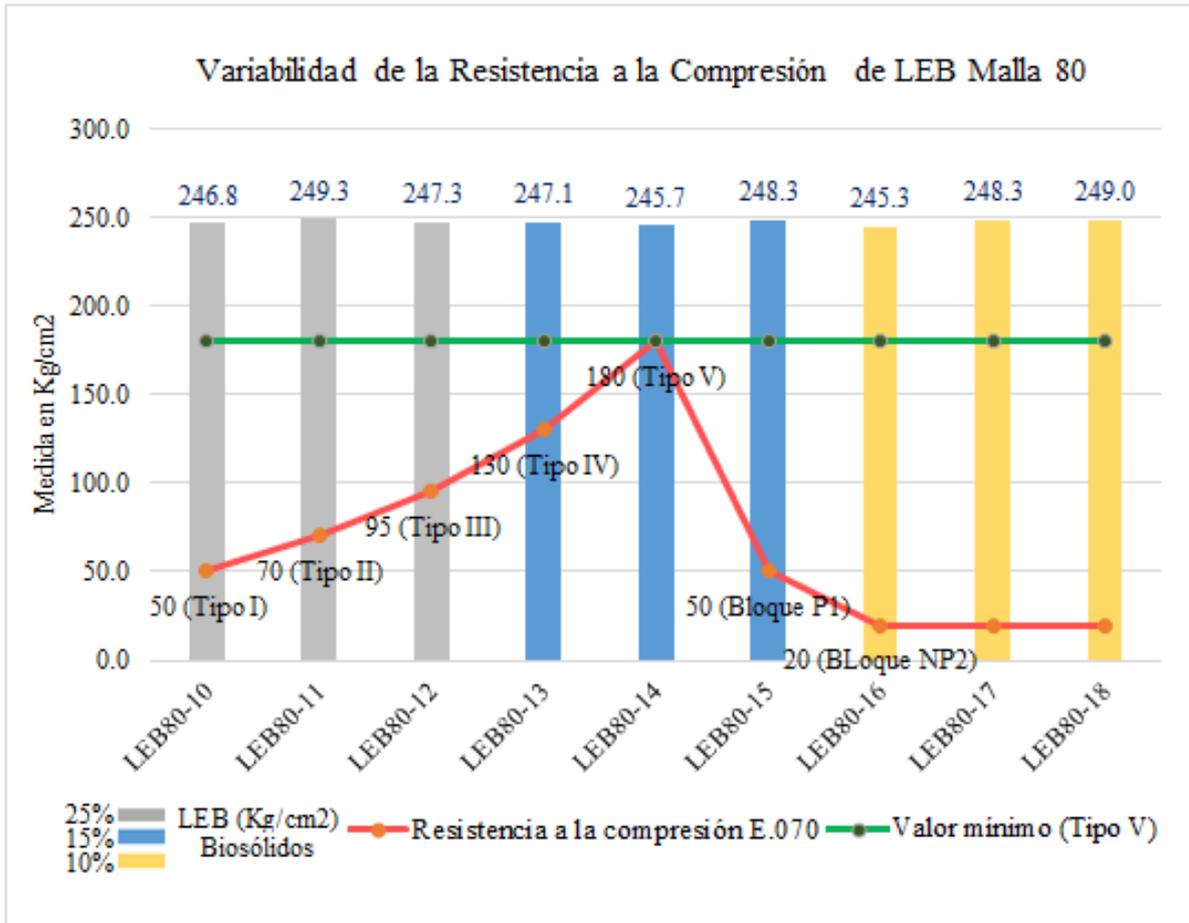


Gráfico 26: Resultados de la resistencia a la compresión de la Malla 80
Fuente: Elaboración propia, 2019.

En el gráfico anterior, se muestran los resultados obtenidos, de la resistencia a la compresión de los 9 ladrillos elaborados con distintas dosis de biosólidos con granulometría N° 80, los cuales muestran valores superiores al mínimo de 12 Kg/cm², exigido por la Norma de Adobe E.080. Un valor máximo de 249.3 Kg/cm² (LEB80-11) y mínimo de 245.3 Kg/cm² (LEB80-16) perteneciente a la dosis del 25 y 10% de biosólidos, respectivamente. A su vez estos resultados totales, son mayores la resistencia característica del modelo usado de referencia utilizado en la elaboración de los mismos (Ladrillo King Kong de 18 huecos) cuya resistencia máxima es de 162 Kg/cm². Perteneciendo también a la clasificación de los ladrillos Tipo V de la tabla de clase de unidad de albañilería para fines estructurales de la Norma de Albañilería E.070 cuyo valor de resistencia mínima es de 180 Kg/cm², pues como se aprecia, los valores totales se encuentran por encima de establecido a los 5 Tipos de Ladrillos.

Resultados de la carga máxima y resistencia a la compresión de los LEB con característica granulométrica Malla -100:

La Tabla 63, presenta los resultados correspondientes de la capacidad de carga máxima y la resistencia a la compresión de los tres grupos de ladrillos ecológicos a base de biosólidos al 25%, 15% y 10% en dosis, con característica granulométrica de Malla N° -100.

Tabla 63: *Resultados de la resistencia a la compresión, ladrillos Malla N° -100*

CÓDIGO	DIMENSIONES (cm)			ÁREA BRUTA (cm ²)	CARGA MÁXIMA (Kg)	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (Kg/cm ²)
	MUESTRA S	LARGO	ANCHO			
Ladrillos al 25% de biosólidos						
LEB80-19	25.0	12.0	6.3	300.00	8046	26.8
LEB80-20	25.0	12.0	6.3	300.00	8123	27.1
LEB80-21	25.1	12.0	6.2	301.2.	7998	26.6
Ladrillos al 15% de biosólidos						
LEB80-22	25.0	12.0	6.4	300.00	8056	26.9
LEB80-23	25.1	12.1	6.4	303.71	8008	26.4
LEB80-24	25.0	12.1	6.3	302.50	7962	
Ladrillos al 10% de biosólidos						
LEB80-25	25.0	12.0	6.1	302.50	8045	26.3
LEB80-26	25.0	12.0	6.2	300.00	8046	26.6
LEB80-27	25.2	12.1	6.0	300.00	8134	26.7

Fuente: Elaboración propia, 2019.

Al analizar de los resultados totales de la resistencia a la compresión, llevados al programa Excel, dio como resultado el Gráfico 27, presentado a continuación:

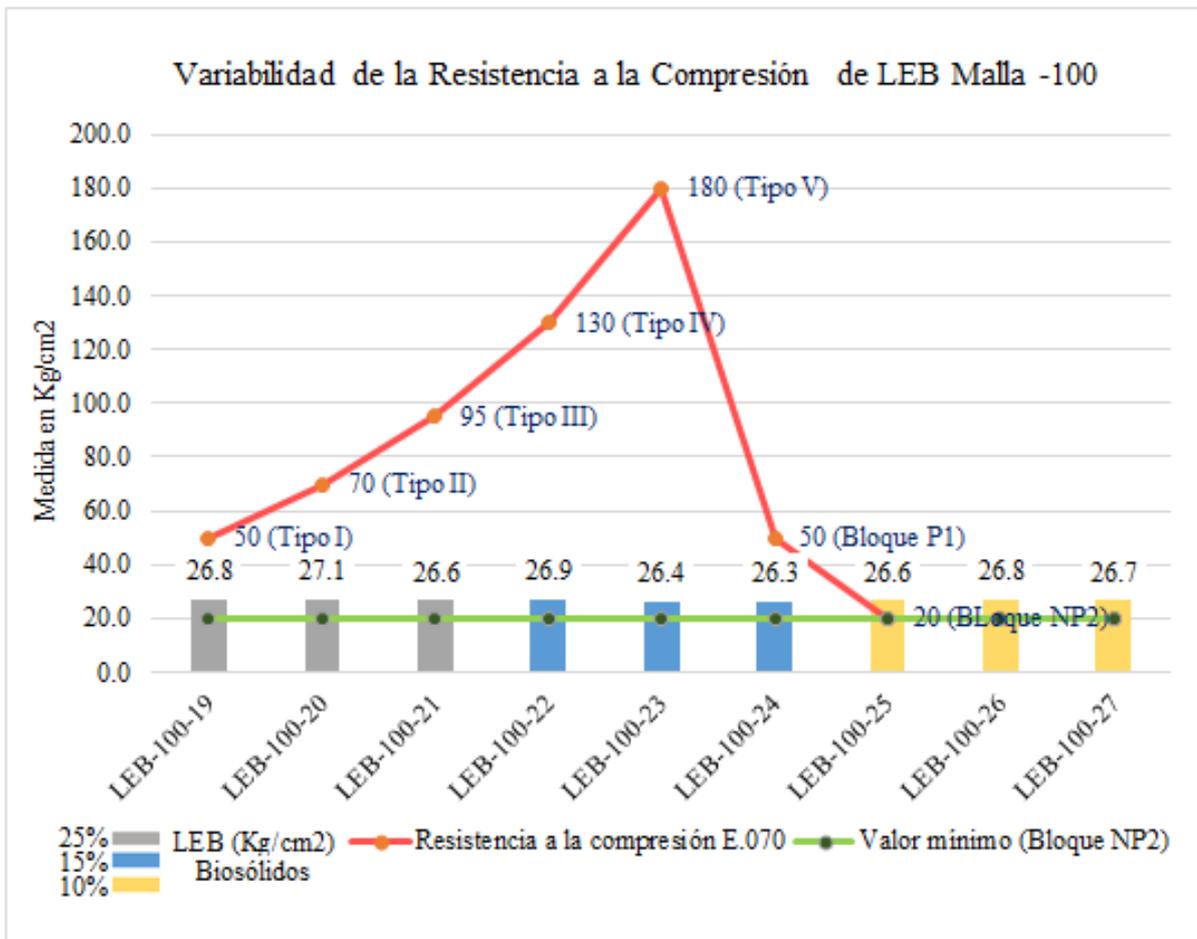


Gráfico 27: Resultados de la resistencia a la compresión de la Malla -100
Fuente: Elaboración propia, 2019.

En el gráfico anterior, se observó que los resultados obtenidos, de la carga máxima y resistencia a la compresión de los últimos 9 ladrillos elaborados con distintas dosis de biosólidos con granulometría N°-100, a pesar de que muestran valores superiores al mínimo en resistencia de 12 Kg/cm², exigido por la Norma de Adobe E.080. Un valor máximo de 27.1 Kg/cm² (LEB-100-20) y mínimo de 26.3 Kg/cm² (LEB-100-24) perteneciente a la dosis del 25 y 15% de biosólidos, respectivamente. Además, muestran valores inferiores a lo usado como referencia en la NTP 399.613 de 162 Kg/cm² (Ladrillo King Kong de 18 huecos) y a los valores de resistencia inferiores en lo establecido en la Norma E.070 para ser clasificados como ladrillos. Por otro lado, según la misma norma, debido a presentar valores mayores al valor mínimo de 20 Kg/cm², entrarían a la clasificación como Bloque usado en la construcción de muros no portantes (NP2).

3.4. Determinar la dosis adecuada biosólidos de (PTAR) Planta de tratamiento de aguas residuales domésticas de Ancón que se debe utilizar para elaborar ladrillos ecológicos.

Para determinar la dosis adecuada de biosólidos que se debe utilizar en la elaboración de los ladrillos ecológicos, se evaluó los resultados más representativos, obtenidos anteriormente y se los comparó con la E.070. Los cuales se muestran en la Tabla 64, presentada a continuación:

Tabla 64: Resultados representativos en comparación de a la E.070

CÓDIGO	PESO (Kg)	DIMENSIONES (cm)			ALABEO (máximo 2mm)	ABSORCIÓN (máximo 20%)	DENSIDAD	R. COMPRESIÓN (mínimo 180 Kg/cm ²)
		LARGO	ANCHO	ALTO				
Ladrillos al 25% de biosólidos								
LEB18-01	3859	25.1	12.1	6.3	2.0	10.04	2.02	282.4
LEB80-11	3911	25.0	12.0	6.3	1.0	4.93	1.98	249.3
LEB-100-19	3388	25.0	12.0	6.3	1.0	2.90	1.79	26.8
Ladrillos al 15% de biosólidos								
LEB18-06	3861	25.1	12.2	6.3	2.0	9.78	2.00	276.8
LEB80-14	3876	24.9	12.1	6.2	1.7	4.98	2.07	245.7
LEB-100-22	3370	25.0	12.0	6.4	1.0	2.77	1.76	26.9
Ladrillos al 10% de biosólidos								
LEB18-09	3923	25.1	12.1	6.5	2.0	9.80	1.99	283.4
LEB80-18	3980	25.0	12.1	6.4	2.0	4.71	2.06	249.0
LEB-100-26	3353	25.0	12.0	6.2	1.0	2.77	1.81	26.8

Fuente: Elaboración propia, 2019.
Valores establecidos según la E.070.

La Tabla 64, indica los valores resumidos totales, más representativos, obtenidos, luego de los ensayos realizados según las normativas mencionadas para la clasificación adecuada de los ladrillos. Perteneciendo así, según su resistencia a la compresión, los de dosificación del 25 % y 15 % de biosólidos con característica granulométrica N° 18 y N° 80, a la Clase V, de unidad de albañilería para fines estructurales de la Norma de Albañilería E.070, pues muestran alta resistencia y durabilidad, apto para ser utilizados en condiciones rigurosas, con interperismo alto, en contacto a lluvias altas.

Por otro lado, dependiendo del costo de producción y ahorro de materiales, expuestos anteriormente (Ver Tabla 33, 34 y 35), se deduce que la mejor dosificación para para la elaboración de ladrillos ecológicos aceptable y adecuada es la del 25% de en la composición de la mezcla, mostrado en el siguiente gráfico:

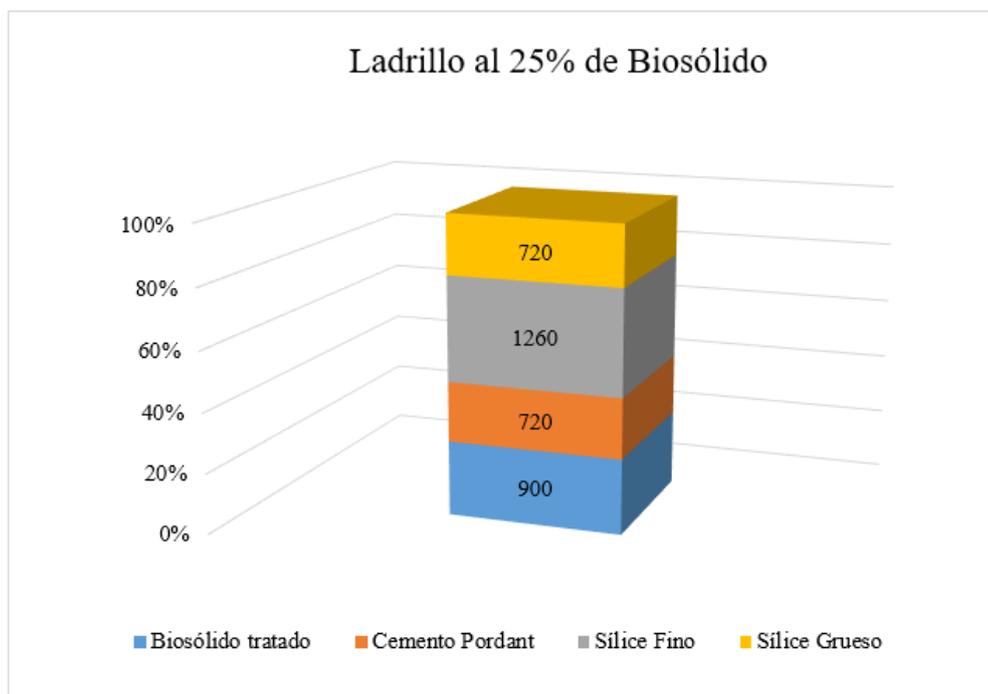


Gráfico 28: Dosificación óptima para el ladrillo ecológico
Fuente: Elaboración propia, 2019.

A su vez, según el aspecto final de los ladrillos, se comprueba que la clasificación granulométrica más adecuada para la elaboración de los mismos, pertenece a la granulometría N° 80, la cual proporciona un aspecto final semi rugoso aceptable. (Ver Tabla 59).

De la misma manera es importante resaltar que para elaborar un ladrillo ecológico de 3600g. se requiere 900g. de biosólido de PTAR (25%), entonces para una cantidad de 1 millón de Kg de biosólido de PTAR se podría elaborar 4 millones de ladrillos ecológicos.

A pesar de que el costo unitario de cada ladrillo ecológico elaborado con biosólidos tratados es mayor en comparación al precio los ladrillos ecológicos convencionales de suelo cemento por S/. 0.05, con ello, se infiere que la reutilización de los residuos sólidos peligrosos en la elaboración de agregados para la construcción como alternativa de disposición final de los mismos hará viable la fabricación en masa.

IV. DISCUSIÓN

Una vez culminado con los resultados obtenidos en la presente investigación, se puede afirmar que es posible elaborar ladrillos ecológicos a base de biosólidos de (PTAR) Planta de tratamiento de agua residual doméstica, Ancón.

El pH adecuado para estabilizar los parámetros microbianos presentes en los biosólidos del agua residual domestica de la PTAR, Ancón, fue de 12, valor que se pudo corroborar de acuerdo a los trabajos previos de ACOSTA Y GUTIERRES (2014), en su investigación, “Propuesta para el tratamiento y aprovechamiento de lodos de una PTAR convencional, caso de estudio: Planta de tratamiento de agua potable de EL Espinal-Tolima”, se pudo demostrar la efectividad del tratamiento aerobio de los sólidos residuales de PTAR, con la adherencia de Cal (CaO), hasta llevar a la muestra a un pH básico de rango 12 a 13.5. A la vez para SERPA (2017), la adherencia del Cal viva (CaO) mediante periodos de tiempo considerables de 14 días, llegaría a reducir la cantidad de metales pesados presentes en lodos residuales en un 30%. De la misma manera según GONZALES (2015), al alterar el pH normal acido de las bacterias, mediante un catalizador como el óxido de calcio (CaO) o carbonato de calcio (CaCO₃), hasta llevarlas a un pH mínimo básico de 13, genera la eliminación total de estas. Esto se debe según ALDANA Y PEREZ (2017), a que a pesar de que algunas bacterias pueden crecer en un margen más o menos amplio de pH, los cambios bruscos o totales son nocivos, para su proliferación, es decir atacan sus membranas y llevan a las colonias a un 10°.

Los resultados demostraron que, respecto a las características físicas obtenidas del ladrillo ecológico, estas presentan valores similares con respecto los ensayos del alabeo y absorción, manteniéndose por debajo de lo establecido para un ladrillo convencional del 2 mm y el 10%, respectivamente, al ladrillo desarrollado por BALLARTE Y CORONADO (2013), en su investigación, “Obtención de agregados para la construcción a partir de lodos residuales de las lagunas de oxidación de la planta de tratamiento de agua residual de Covicorti”. De igual manera según CABO (2011), a pesar de que las dimensiones de los ladrillos ecológicos, varían en la altura, con una ligera diferencia de 2 cm, cuentan con las medidas mínimas de alabeo, densidad y absorción, considerables para una unidad de albañería, pues no dependen

en su totalidad del modelo referente y convencional actual del mercado. A la vez MEZA (2018), coincide que la adición de aditivos como la sílice (máximo de 50%) y cemento portland (máximo del 20%), influyen directamente de manera positiva en la resistencia final del producto, así mismo aparte de ayudar a la neutralización de los biosólidos, brinda un acabado adecuado para el producto final, pues los ladrillos elaborados en la presente investigación no presentan fisuras o grietas. En cuanto a los ladrillos elaborados por HOLGADO Y PRADO, (2015) se puede discutir que, los productos finales de esta investigación presentan menor absorción (10% máximo) una mayor resistencia, son más ligeros y no presentan contenidos de impurezas.

En cuanto a la carga máxima y resistencia a la compresión de los ladrillos ecológicos, se encontró que los elaborados con biosólidos de característica granulométrica de Malla N°18 y N° 80 pertenecen a la clasificación de Tipo V de las unidades de albañería para fines estructurales de la Norma Peruana de Albañería E.070:2006, pues sobrepasan los 180 Kg/cm², valores que son mayores a la de los ladrillos desarrollados por CHIRE Y RONDAN (2014), en su investigación titulada “Uso de los lodos generados en decantadores de una planta de tratamiento de agua potable como materia prima para la elaboración de ladrillos de construcción”, debido a que su producto final solo estuvo clasificado como ladrillo de tipo I y sobrepasan los valores de resistencia mínima considerable de 50 Kg/cm² para unidad de albañería estructural, de para ladrillos preparados con mezclas de arcillas y lodos residuales, expuestos por GARCÍA, GARCÍA Y VACA. Por otro lado, los elaborados con biosólidos de la Malla N°-100, se encuentran en la clasificación de bloques para muros no portantes pues muestran valores superiores al mínimo de 20 Kg/cm², valor que se relaciona con lo establecido por CUSIDÓ (2014) como resistencia mínima en un bloque de albañería para uso en la jardinería y asfalto. En cuanto a los ladrillos elaborados por ORELLANA, (2015) se puede discutir que la resistencia resultante de sus ladrillos es menor en 50%, pues estos fueron fabricados de manera convencional en hornos artesanales sin agregados de portland.

Con respecto a la dosis óptima considerable del 25% de biosólidos en peso, es mayor de lo recomendado en la investigación de RODRÍGUEZ (2013), a razón de que en esta se establece que la proporción óptima es del 10% del peso total del ladrillo. De la misma manera sobrepasa al valor determinado por RAMIREZ (2018), en donde

establece que la cantidad óptima de adición de un compuesto para el reemplazo total de la arcilla en las unidades de albañería suelo cemento es del 20%.

A la vez para MARTÍNEZ (2012), en su investigación Estudio para el tratamiento, manejo y disposición final de lodos generados en plantas de tratamiento de agua residual, define que el que la dosis optima de lodo residual para la elaboración de bloques para la construcción es del 15%.

V. CONCLUSIONES

- Según los resultados obtenidos se llegó a estabilizar los parámetros microbiológicos presentes en los biosólidos de la PTAR, Ancón, llevándolos a un pH de 12, lo cual se vio reflejado en la reducción de las colonias de bacterias y huevos de helmintos de un total de 169866 UFC/100ml a 10^0 según los análisis reflejados de la Tinción Gram y cultivos por agar, Además se concluye que al ser los resultados iniciales de los metales pesados considerados por debajo de la norma, estos se mantendrían estables luego de la elaboración de los ladrillos.
- Las características físicas de los ladrillos elaborados con biosólidos con granulometría de Malla N°18 y N°80, son adecuadas para su clasificación como ladrillos ecológicos, pues cuentan con las medidas dimensionales (24x12x7cm) y el peso (3600g) establecidos de manera convencional de estos en el mercado ya desarrollados anteriormente. Por otro lado, los ladrillos con granulometría de Malla N°-100, no llegaron al peso establecido debido a la pérdida del material fino en el proceso de prensado. A la vez los valores de alabeo y densidad se encuentran en lo máximo adecuado según la norma E.070:2006, con una absorción menor al mayor valor considerado en la norma nacional (20%) y de las internaciones IS 1725 y SLS 1382 ($\leq 15\%$) siendo considerados aceptables, lo cual es un buen indicador del producto final, pues garantiza la durabilidad del producto en zonas de húmedas o clima lluvioso, a su vez presentaron acabados lisos, semi rugosos y rugosos y no presentan fisuras. Es importante resaltar que estos ladrillos no necesitaron del proceso de fraguado a razón de reducir gastos y de fortalecer la definición de ladrillo ecológico.
- La carga máxima y resistencia a la compresión de los ladrillos fabricados con biosólidos se relacionan de manera inversamente proporcional, al material muy fino pues la resistencia a la compresión de ladrillos elaborados con biosólidos de Malla N°18 y 80 son altas y se encuentran por encima de los 180 Kg/cm^2 y pertenecen a los ladrillos de Tipo V, los cuales son los valores más altos de la clasificación de las unidades de albañería para fines estructurales y presentan una alta elasticidad en relación a la carga máxima al momento de la ruptura. Caso contrario a la resistencia de los ladrillos elaborados con lodos de Malla N° -100

que presentan una resistencia mínima de 20 Kg/cm² los cuales entran a la clasificación de boques para muros no portantes.

- La dosis adecuada de biosólidos de PTAR, en relación a los resultados ya desarrollados es del 25% de biosólidos en peso con característica granulométrica de Malla N° 80. Lo cual no solo dependió de los resultados físico mecánicos, obtenidos, sino que también de un buen aspecto del producto final, en donde se buscó, optimizar residuos y ahorrar recursos.

VI. RECOMENDACIONES

- Exponer los ladrillos a más de 30 días de secado, para lograr una mayor resistencia máxima y un peso de acuerdo a la óptima.
- Almacenar los ladrillos a en una zona de acopio protegida e impermeable, en caso las condiciones de humedad o lluvias sean altas.
- Construir un molde que armable y desarmable con un sistema de ajuste a base de ganchos y no de tuercas, para agilizar el tiempo de fabricación del ladrillo.
- Utilizar un equipo automatizado con energía trifásica, para la elaboración de los ladrillos ecológicos en masa, los cuales mantengan el peso y las variaciones dimensionales uniformes y establecidas en norma.
- Considerar el volumen de agua en la dosificación de los ladrillos, para llegar al peso establecido según el modelo deseado de ladrillo o bloque de referencia.
- Realizar pruebas de interperismo y erosión completa a los ladrillos, para determinar el tiempo de vida y el comportamiento de los mismos respecto al tiempo.
- Realizar ensayos de pulverizado de agua a presión para determinar el comportamiento de deterioro de los ladrillos compuestos con cal.
- Fomentar el uso de este tipo de ladrillos, en lugares donde no se exponga la salud de las personas, es decir en rellenos sanitarios o en zonas de acopio de residuos peligrosos.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ACOSTA, Ynez., GUTIERREZ, Eduardo y RAMIREZ, Eduardo. “Poder Fertilizante de los Lodos Residuales provenientes del Tratamiento de Aguas Servidas”. Tesis (Grado de Ingeniería Ambiental). Caracas: Universidad del Zulia, Núcleo Punto Fijo. 2014.. Disponible en:
<http://hdl.handle.net/10185/224554805>
- ALDANA, Angie y PÉREZ, Ricardo. “Propuesta para el tratamiento y aprovechamiento de lodos en una PETAP convencional, caso de estudio: Planta de tratamiento de agua potable de El Espinal- Tolima”. Tesis (Grado de Ingeniería Ambiental). Bogotá: Universidad de La Salle. 2017. Disponible en:
<http://hdl.handle.net/10185/22405>
- BALLARTE, Julio y CORONADO, Marco. “Obtención de agregados para la construcción a partir de lodos residuales de las lagunas de oxidación de la planta de tratamiento de agua residual de Covicorti - Trujillo. 2013”. Tesis (Grado en Ingeniería Química) Trujillo: Universidad Nacional de Trujillo.
Disponible en:
<http://www.dspace.unitru.edu.pe/handle/UNITRU/9136>
- CABO, María. “Ladrillo ecológico como material sostenible para la construcción”. 2011. Tesis (Grado en Ingeniería Agrónoma) Navarra: Universidad Pública de Navarra.
Disponible en:
<https://hdl.handle.net/2454/4504>
- CEDRON, Olga y CRIBILLEROS, ANA. “Diagnóstico del sistema de aguas residuales en Salaverry y propuesta de solución”. Tesis (Grado de Ingeniería civil). Bogotá: Universidad Nacional de Trujillo. 2017. Disponible en:
<http://repositorio.upao.edu.pe/handle/upaorep/3561>
- CHIRE, Yanira y RONDÁN, Gianfranco. “Uso de lodos generados en los decantadores de una planta de tratamiento de agua potable como materia prima

para la elaboración de ladrillos de construcción”. Tesis (Grado de Ingeniería Química). Arequipa: Universidad Nacional San Agustín de Arequipa. 2014. Disponible en:
<http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/UNSA/3959>

- CORRAL, Yadira. Validez y confiabilidad de los instrumentos para la recolección de datos. Revista ciencias de la educación, 2009, no 33, p. 228-247. Disponible en: <http://servicio.bc.uc.edu.ve/educacion/revista/n33/art12.pdf>
- CUPE, Beatiz y JUZCAMAITA, Juan. “tratamiento de lodos residuales de una industria cervecera a través de fermentación homoláctica para la producción acelerada de abono orgánico” [online]. 2018, vol.17, n.1 [citado 2018-11-30], pp.107-118. Disponible en:
<http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1726-22162018000100012&lng=es&nrm=iso>. ISSN 1726-2216. <http://dx.doi.org/10.21704/rea.v17i1.1179>.
- CUSIDÓ, Joan. “Posibilidades de obtención de nuevos materiales cerámicos para la construcción a partir de lodos de depuradora como materia prima secundaria. Residuos, 2014, no 71, p. 58-62. Disponible en:
<http://bases.bireme.br/cgi-bin/wxislind.exe/iah/online/?IsisScript=iah/iah.xis&src=google&base=REPIDISCA&lang=p&nextAction=lnk&exprSearch=13511&indexSearch=ID>
- ESTRADA, Paola. “Diseño de un plan de manejo de lodos residuales generados por plantas potabilizadoras de agua”. Tesis (Grado de Ingeniería Ambiental y Manejo de riesgos naturales). Quito: Universidad de La Salle. 2015. Disponible en: <http://repositorio.ute.edu.ec/handle/123456789/13904>
- EPA, U. S. Integrated risk information system (IRIS). 1999. Disponible en: <https://www.epa.gov/>

- GARCÍA, César; GARCÍA, María y VACA, Martha. Resistencia mecánica de ladrillos preparados con mezclas de arcilla y lodos provenientes del tratamiento de aguas residuales. **Tecnura**, [S.l.], v. 17, n. 38, p. 68-81, sep. 2013. ISSN 2248-7638. Disponible en: <<https://revistas.udistrital.edu.co/ojs/index.php/Tecnura/article/view/6929/8563>> Fecha de acceso: 15oct2018doi:<https://doi.org/10.14483/udistrital.jour.tecnura.2013.4.a05>.
- GONZÁLES, Inmaculada. Generación, caracterización y tratamiento de lodos de EDAR. Tesis (Doctor en Ingeniería Química). España: Universidad de Córdoba, 2015. Disponible en: <https://helvia.uco.es/bitstream/handle/10396/13199/2016000001232.pdf?sequence=3>
- HERNÁNDEZ SAMPIERI, Roberto; FERNÁNDEZ COLLADO, Carlos; BAPTISTA LUCIO, Pilar. Metodología de la investigación. 2010.
- HERNÁNDEZ, Darwin, et al. “Aprovechamiento de lodos aluminosos generados en sistemas de potabilización, mediante su incorporación como agregado en materiales de construcción”. Revista Ingenierías Universidad de Medellín, 2014, vol. 5, no 8.
Disponible en: <http://www.redalyc.org/html/750/75050810/>
- HIDALGO, Páliz. “Factibilidad del uso del Raquis de Palma Africana en mezcla con agregados de construcción para la fabricación de ladrillos ecológicos”. 2015. Tesis de Licenciatura. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.
Disponible en: <http://dspace.epoch.edu.ec/handle/123456789/4066>
- HOLGADO, Milagros y PRADO, Rodrigo. “Diseño, elaboración y control de ladrillos suelo cemento para albañería no estructural como alternativa para la construcción”. Tesis (Grado de Ingeniería Civil). Arequipa: Universidad Católica de Santa María. 2015. Disponible en: <https://tesis.ucsm.edu.pe/repositorio/handle/UCSM/2156>

- IDROVO, Rosa y BERMEO, Ana. Aprovechamiento de lodos deshidratados generados en plantas de tratamiento de agua potable y residual como agregado para materiales de construcción. Cuenca, Ecuador: Universidad de Cuenca Facultad de Ingeniería. 2014. Disponible en: <http://dspace.ucuenca.edu.ec/handle/123456789/20868>
- INDECOPI. 2002. ALBAÑILERÍA. Método de muestreo y ensayo, unidades de albañilería de concreto. NTP 399.604. Lima, Perú. 31 p. Disponible en: <https://es.scribd.com/document/351903031/Norma-Tecnica-Peruana-Ntp-399-604-2002>
- INDECOPI. 2005. ALBAÑILERÍA. Método de muestreo y ensayo, de ladrillos de arcilla usados en albañería. NTP 399.613. Lima, Perú. 35p. Disponible en: <https://es.scribd.com/document/287179871/NTP-399-613-pdf>
- MANCILLA-VILLA, Óscar Raúl, et al. Metales pesados totales y arsénico en el agua para riego de Puebla y Veracruz, México. Revista internacional de contaminación ambiental, 2012, vol. 28, no 1, p. 39-48. Disponible en: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S018849992012000100004&script=sci_arttext
- MÁRQUEZ, K. A. (2009). Estudio de dos alternativas para el aprovechamiento de lodos secundarios de sistemas aerobios provenientes de PTAR jurisdicción de la cal. bogota d.c., Disponible en: <repository.lasalle.edu.co/bitstream/10185/13998/1/T41.09%20M348e.pdf>
- MARQUINA, Leonidas, y MARTINEZ, Jhohans. Obtención de abonos orgánicos por medio de las lombrices “Eisenia foetida” a partir de lodos residuales de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales San Antonio Carapongo Lima-Perú. Tesis (Grado de Ingeniero Ambiental y de Recursos Naturales). Callao: Universidad Nacional del Callao, 2016. Disponible en: http://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/UNAC_5ab8ba9dd3c6e93085667cab4f9816eb/Details

- MARTIN, José. Evaluación de la calidad del biosólido obtenido mediante el proceso de digestión anaerobia termofílica, de los lodos residuales de la laguna de estabilización de la ciudad de Juliaca. Tesis (Grado en Ingeniería Química). Puno: Universidad del Altiplano. 2018, Disponible en: <http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/9220>
- MARTINEZ, Marco. Estudio para el tratamiento, manejo y disposición final de lodos generados en plantas de tratamiento de agua residual. Tesis (Grado en Ingeniería Ambiental). Quito: Escuela Politécnica Nacional. 2012, Disponible en: <http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/4757>
- METCALF. Wastewater Engineering Treatment and Reuse (4 ed.). Nueva York, Nueva York, Estados Unidos: McGraw-Hill. 2003
- MENDOZA, Agustín y REYES, Edgar. Evaluación de diferentes tipos de cal y digestor enzimático de rastros en la disminución de coliformes fecales en lodos provenientes de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de San Luis Talpa, La paz, El Salvador. 2017. Tesis Doctoral. Universidad de El Salvador.
- MEZA, Jesús. Evaluación de ensayos de erosión acelerada aplicados a ladrillos de tierra comprimida, para la construcción de muros perimétricos en Huancayo. Tesis (Grado de Ingeniero Civil). Huancayo: Universidad Nacional del Centro del Perú. 2018. Disponible en: <http://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/UNCP/4697/Meza%20Lopez%2002.pdf?sequence=2&isAllowed=y>
- MINISTERIO Del Ambiente. Diario oficial El Peruano. Decreto Legislativo que aprueba la Ley de Gestión Integral de Residuos Sólidos N° 1278. 23 de diciembre de 2016. Disponible en: <https://busquedas.elperuano.pe/normaslegales/decreto-legislativo-que-aprueba-la-ley-de-gestion-integral-d-decreto-legislativo-n-1278-1466666-4/>

- MINISTERIO DE VIVIENDA (Perú). D.S N° 015-2017-VIVIENDA: Decreto Supremo que aprueba el Reglamento para el Reaprovechamiento de los Lodos generados en las Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales. Lima: Diario el Peruano, 2017. 9pp. Disponible en: <http://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2017/06/DS-015-2017-VIVIENDA.pdf>
- MINISTERIO DE VIVIENDA (Perú). R.M N° 093-2018-VIVIENDA: Protocolo de Monitoreo de Biosólidos. Lima: Diario el Peruano, 2018.34pp. Disponible en: <https://busquedas.elperuano.pe/normaslegales/aprueban-el-protocolo-de-monitoreo-de-biosolidos-resolucion-ministerial-no-093-2018-vivienda-1625694-1/>
- MOGOLLON, Sergio y CARRILLO, Carlos. “Evaluación técnica, económica y ambiental de lodos proventos de la PETAR de la Compañía Internacional de Alimentos Agropecuarios (Cialta S.A.C.) como alternativa de aprovechamiento para producción de ladrillos cerámicos” Tesis (Grado de Ingeniería Ambiental y Sanitaria). Bogotá: Universidad de La Salle. 2016. Disponible en: <http://hdl.handle.net/10185/20445>
- ORELLANA, Xavier. “Uso de los lodos, producto del tratamiento de aguas residuales, para la fabricación de ladrillos”. Tesis (Grado de Ingeniería Civil). Guayaquil: Universidad Católica de Santiago de Guayaquil. 2015. Disponible en: <http://repositorio.ucsg.edu.ec/handle/3317/4344>
- OSPINA, Fabián, RODRIGUEZ, Alejandra. Comparación en la reglamentación para el manejo de lodos provenientes de agua residual en Argentina, Chile y Colombia. *Revista Dialnet* [en línea]. 2016, n.º1. [Fecha de consulta 2 de abril de 2019]. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6285722>
ISSN:2145-6453
- RAMÍREZ, Guillermo. “Manejo de lodos producidos en la planta de tratamiento de agua potable, Planta2, En el Municipio de Cartago, La valle” Tesis (Grado de Ingeniería Ambiental). Manizales: Universidad Nacional de Colombia. 2003. Disponible en:

https://www.researchgate.net/publication/38975513_Manejo_de_lodos_producidos_en_la_planta_de_tratamiento_de_agua_potable_planta_II_del_municipio_de_Cartago_Valle

- RAMIREZ, Luis. “Las Propiedades físicas y mecánicas de ladrillo ecológico suelo – cemento fabricadas con adición de 20% de aserrín de madera para muros no portantes en la ciudad de Huaraz 2016”, Tesis (Grado de Ingeniero Civil). Huaraz: Universidad San Pedro. 2018. Disponible en: http://repositorio.usanpedro.edu.pe/bitstream/handle/USANPEDRO/5442/Tesis_57315.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- RODRIGUEZ, José. “Propuesta metodológica para tratamiento de lodos provenientes de plantas de potabilización en la sabana de Bogotá (Estudio de caso Madrid, Cundinamarca)”. Tesis (Grado de Ingeniería Ambiental). Bogotá: Universidad Libre. 2013. Disponible en: <https://repository.unilibre.edu.co/bitstream/handle/10901/11289/Proyecto%20695-764%20Nicolas%20Rodr%C3%ADguez.pdf?sequence=1>
- SANTOS, G. Z. B. MELO FILHO, J. A. and MANZATO, L. Propuesta de una cerámica obtenida por medio de geopolimerización de lodo de ETA calcinado, Revista Scielo [en línea] 2018, vol.64, n.370 [citado 2018-09-25], pp.276-283. Disponible en: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0366-69132018000200276&lng=en&nrm=iso. ISSN 0366-6913. <http://dx.doi.org/10.1590/0366-69132018643702353>.
- SERPA, Juli. Remoción de metales pesados Cd y Hg en lodos residuales de la laguna de estabilización secundaria El Espinar- Puno, utilizando Vermicomposteo. Tesis (Grado de Ingeniero Químico). Puno: Universidad Nacional de Altiplano, 2017. Disponible en: [http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/5070/Serpa_Juli_Margari ta_Susana.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/5070/Serpa_Juli_Margari%20ta_Susana.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

- SUNASS, Fuente. Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento (SUNASS). (2015). Diagnóstico de las plantas de tratamiento de aguas residuales en el ámbito de operación de las entidades prestadoras de servicios de saneamiento. 2014. Disponible en: http://www.sunass.gob.pe/doc/Publicaciones/libro_ptar_gtz_sunass.pdf
- OSORNO, Hiladrio. Evaluación del proceso de coagulación y floculación de una planta de tratamiento de agua potable. Tesis (Grado de Ingeniero Ambiental). Medellín: Universidad Nacional de Colombia ,2009, Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/38975513_Evaluación_del_proceso_de_coagulación_y_floculación_de_una_planta_de_tratamiento_de_agua_potable
- ORGANISMO DE EVALUACIÓN Y FISCALIZACIÓN AMBIENTAL (OEFA). (2014). Fiscalización ambiental en Residuos Sólidos de Gestión Municipal provincial. Disponible en: https://www.oefa.gob.pe/?wpfb_dl=13926
- PROGRAMA de Política y Gestión Ambiental de la Sociedad Peruana de Derecho Ambiental. Manual de residuos sólidos. Lima: Lorena Gómez, EIRL, 2009. Disponible en: <https://sinia.minam.gob.pe/documentos/informe-anual-residuos-solidos-municipales-peru-gestion-2008>
- TORRES, Patricia; HERNANDEZ, Darwin y PAREDES, Diego. “Uso productivo de lodos de plantas de tratamiento de agua potable en la fabricación de ladrillos cerámicos”. Rev. ing. constr. [online]. 2012. vol.27, n.3 [citado 2018-10-12], pp.145-154. Disponible en: https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-50732012000300003&lng=es&nrm=iso. ISSN 0718-5073. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-50732012000300003>.
- VALDERRAMA, Martín. Factibilidad de aprovechamiento de los lodos residuales de la PTAR del municipio de Chinavita (Boyacá) Universidad la Valle.

(Tesis de Maestría). 2013 Recuperado de <http://www.ambiente.gov.ar/archivos/web/Probarros/file/231.pdf>

- YBAÑEZ, Ruth. Remoción de Plomo y Cadmio en Lodos Residuales del PTAR Ventanilla mediante Remediación Electrocinética, Lima-2018. Tesis (Grado de Ingeniero Ambiental), Lima: Universidad César Vallejo, 2018. Disponible en: <http://repositorio.ucv.edu.pe/handle/UCV/24886>

VIII. ANEXOS

ANEXO N° 1: Matriz de Consistencia

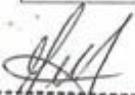
PROBLEMA	OBJETIVO	HIPÓTESIS	VARIABLES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	ESCALA DE MEDICIÓN
<p>Problema General: ¿Cómo se elaboran ladrillos ecológicos a base de biosólidos de (PTAR) Planta de tratamiento de aguas residuales domésticas de Ancón?</p> <p>Problemas Específicos: Pe 1: ¿Cuál será el pH óptimo para estabilizar los parámetros microbianos y metales pesados presentes en los biosólidos de (PTAR) Planta de tratamiento de aguas residuales domésticas de Ancón para su posterior uso en la elaboración de ladrillos ecológicos? Pe 2: ¿Evaluar las características físicas de los ladrillos ecológicos, elaborados con biosólidos de (PTAR) Planta de tratamiento de aguas residuales domésticas de Ancón? Pe 3: ¿Cuál es la carga máxima y resistencia a la compresión de los ladrillos ecológicos, elaborados con biosólidos de (PTAR) Planta de tratamiento de aguas residuales domésticas de Ancón? Pe 4: ¿Cuál será la dosis adecuada de biosólidos de (PTAR) Planta de tratamiento de aguas residuales domésticas de Ancón que se debe utilizar para elaborar ladrillos ecológicos?</p>	<p>Objetivo General: Elaborar ladrillos ecológicos a través de biosólidos de (PTAR) Planta de tratamiento de aguas residuales domésticas de Ancón.</p> <p>Objetivos Específicos: Oe 1: Determinar el pH de estabilización en los parámetros microbianos y metales pesados presentes en los biosólidos de (PTAR) Planta de tratamiento de aguas residuales domésticas de Ancón, para su posterior uso en la elaboración de ladrillos ecológicos. Oe 2: Determinar las características físicas de los ladrillos ecológicos, elaborados con biosólidos de (PTAR) Planta de tratamiento de aguas residuales domésticas de Ancón. Oe 3: Determinar la carga máxima y resistencia a la compresión de los ladrillos ecológicos, elaborados con biosólidos de (PTAR) Planta de tratamiento de aguas residuales domésticas de Ancón. Oe 4: Determinar la dosis adecuada de biosólidos de (PTAR) Planta de tratamiento de aguas residuales domésticas de Ancón que se debe utilizar para elaborar ladrillos ecológicos.</p>	<p>Hipótesis General: Los biosólidos de (PTAR) Planta de tratamiento de aguas residuales domésticas de Ancón posibilitan la elaboración de ladrillos ecológicos</p> <p>Hipótesis Específicas: H1: El pH óptimo para estabilizar los parámetros microbianos y metales pesados presentes en los biosólidos de (PTAR) Planta de tratamiento de aguas residuales domésticas de Ancón para su posterior uso en la elaboración de ladrillos ecológicos es 12. H2: Las características físicas de los ladrillos ecológicos, elaborados con biosólidos de (PTAR) Planta de tratamiento de aguas residuales domésticas de Ancón, se encuentran dentro de lo establecido en la E.070 y presentan acabados lisos. H3: La carga máxima y resistencia a la compresión de los ladrillos ecológicos, elaborados con biosólidos de (PTAR) Planta de tratamiento de aguas residuales domésticas de Ancón son altas. H4: La dosis adecuada de biosólidos de (PTAR) Planta de tratamiento de aguas residuales domésticas de Ancón que se debe utilizar para elaborar ladrillos ecológicos, es del 15% del total de la mezcla.</p>	Biosólidos tratados VARIABLE INDEPENDIENTE	"Son residuos que se producen en gran cantidad, con mayor facilidad de uso y manipulación, con bajos índices de microorganismos y procesos de putrefacción de materia orgánica, mínima o nula" VIVIENDA (2017).	Es un subproducto del tratamiento de las aguas residuales que por su composición inerte, propiedades fisicoquímicas y posterior neutralización microbiológica y metales pesados, presenta una amplia variedad de potencial reutilizable.	Propiedades Físicas del lodo seco	Granulometría	Malla (mm)
							Temperatura	C°
							Textura: Arenoso-limoso-arcilloso	%
							Densidad relativa	g/cm ³
							Humedad	%
							Sólidos volátiles	%
							Ceniza	%
							Poder Calorífico	Kcal/Kg
							Carbón Fijo	%
							pH	Ácido - base
			Propiedades químicas del lodo seco	Potencial redox	uS/cm			
				Conductividad eléctrica	%			
				Parámetros microbiológicos	Escherichia Coli	NMP/g		
			Huevos de helminto		<1 huevo viable/4g			
			salmonella typhi		NMP/g			
			Metales pesados	Plomo	mg/Kg			
				Cadmio	mg/Kg			
				Arsénico	mg/Kg			
			Neutralización del lodo seco	pH de neutralización	Ácido - base			
				Dosificación de Cal	g/Kg			
Neutralización de metales pesados	pH de neutralización	Ácido - base						
Ladrillos ecológicos VARIABLE DEPENDIENTE	"Material de construcción, normalmente cerámico y con forma ortoédrica de utilización práctica" (Norma Técnica E.70 albañería 2006)	La fabricación de ladrillos con adheridos de lodos seco residual ya neutralizados induce ventajas en las propiedades físicas y mecánicas de los mismos como baja densidad, ladrillos aligerados y mayor resistencia y confiabilidad estructural.	Características físicas del ladrillo ecológico	Peso	g			
				Volumen	cm ³			
				Acabado	Liso-rugoso			
				Alabeo	mm			
				Densidad	g/cm ³			
				Dimensiones	cm			
				Aborción	%			
				Resistencia y confiabilidad estructural	Carga Máxima	Kg		
					Resistencia al concreto	Kg/cm ²		
				Proporción óptima del ladrillo ecológico	Cantidad de biosólido	g/Kg		
Cantidad de Sílice(fino)	g/Kg							
Cantidad de Sílice(grueso)	g/Kg							
Cantidad de Portland	g/Kg							

ANEXO N° 2: Formato 1. Ficha de muestreo del Biosólido

		Elaboración de ladrillos ecológicos a través de biosólidos de (PTAR) Planta de tratamiento de aguas residuales domésticas, Ancón, 2019”		INSTRUMENTO N°1		
FICHA DE MUESTREO DEL BIOSÓLIDO						
DATOS GENERALES						
LUGAR DE ESTUDIO				DEPARTAMENTO Y PROVINCIA		
USO PRINCIPAL				DIRECCIÓN		
DATOS DEL MUESTREO						
AREA POBLACIONAL				COORDENADA POBLACIONAL		
AREA DE MUESTRA				HUMEDAD RELATIVA		
NOMBRE DE PUNTOS				PRESIÓN		
DATOS DE LA MUESTRA						
CÓDIGO	FECHA	HORA	COORDENADAS		CANTIDAD DE MUESTRA (Kg)	ALTIDUD
			ESTE	NORTE		

Formato 1. Ficha de muestreo del biosólido.

		Elaboración de ladrillos ecológicos a través de biosólidos de (PTAR) Planta de tratamiento de aguas residuales domésticas, Ancón, 2019"			INSTRUMENTO N°1	
FICHA DE MUESTREO DEL BIOSÓLIDO						
DATOS GENERALES						
LUGAR DE ESTUDIO					DEPARTAMENTO Y PROVINCIA	
USO PRINCIPAL					DIRECCIÓN	
DATOS DEL MUESTREO						
AREA POBLACIONAL					COORDENADA POBLACIONAL	
AREA DE MUESTRA					HUMEDAD RELATIVA	
NOMBRE DE PUNTOS					PRESIÓN	
DATOS DE LA MUESTRA						
CÓDIGO	FECHA	HORA	COORDENADAS		CANTIDAD DE MUESTRA (Kg)	ALTIDUD
			ESTE	NORTE		


 LUIS FERNANDO
 MENDOZA APOLAYA
 INGENIERO AMBIENTAL
 Reg. CIP N° 213529


 CECILIA ARRIOLA MARCONDO
 CIP 122210


 JORGE LEONARDO JAVE NARAYO
 CIP 43444

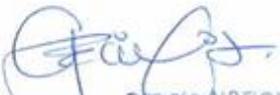
ANEXO N° 3: Formato2. Ficha de parámetros iniciales del biosólido

		Elaboración de ladrillos ecológicos a través de biosólidos de (PTAR) Planta de tratamiento de aguas residuales domésticas, Ancón, 2019”							INSTRUMENTO N° 2	
FICHA DE PARÁMETROS INICIALES DEL BIOSÓLIDO/MEZCLA										
Parámetros físicos del biosólido										
CÓDIGO	Granulometría (malla mm)	Temperatura (C°)	Textura (%): Arenoso- Limoso- Arcilloso	Densidad relativa (g/cm ³)	Humedad (%)	Sólidos volátiles (%)	Ceniza (%)	Carbón Fijo (%)	Poder Calorífico (Kcal/Kg)	
Repeticiones										
Parámetros químicos del biosólido										
CÓDIGO	pH			Potencial Rédox(mV)			Conductividad eléctrica (uS/cm)			
Repeticiones										

Formato 2. Ficha de parámetros iniciales del biosólido.

 UCV UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO		Elaboración de ladrillos ecológicos a través de biosólidos de (PTAR) Planta de tratamiento de aguas residuales domésticas, Ancón, 2019"						INSTRUMENTO N° 2	
FICHA DE PARÁMETROS INICIALES DEL BIOSÓLIDO/MEZCLA									
Parámetros físicos del biosólido									
CÓDIGO Repeticiones	Granulometría (malla mm)	Temperatura (C°)	Textura (%): Arenoso- Limoso- Arcilloso	Densidad relativa (g/cm ³)	Humedad (%)	Sólidos volátiles (%)	Ceniza (%)	Carbón Fijo (%)	Poder Calorífico (Kcal/Kg)
Parámetros químicos del biosólido									
CÓDIGO Repeticiones	pH			Potencial Rédox(mV)			Conductividad eléctrica (uS/cm)		


 LUIS FERNANDO
 MENDOZA APOLAYA
 INGENIERO AMBIENTAL
 Reg. CIP N° 213529


 CECILIA ARRIOLA MOTUOLA
 122210


 JORGE LEONARDO JAVE NAKAYO
 CIP 93444

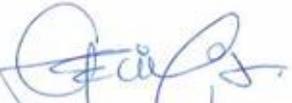
ANEXO N° 4: Formato 3. Ficha de neutralización del biosólido

		Elaboración de ladrillos ecológicos a través de biosólidos de (PTAR) Planta de tratamiento de aguas residuales domésticas, Ancón, 2019”				INSTRUMENTO N°3	
FICHA DE NEUTRALIZACIÓN DEL BIOSÓLIDO							
CALIDAD MICROBIOLÓGICA	Pre Tratamiento	pH de muestra	Dosis de Cal (g/L)	pH de muestra	Post Tratamiento	pH óptimo	
	Presencia	Inicial		Final	Presencia		
<i>Escherichia Coli</i>							
<i>Salmonella Typhi</i>							
Huevos de helminto							
METALES PESADOS	Cantidad inicial			pH óptimo	Cantidad Final		
Plomo							
Cadmio							
Arsénico							

Formato 3. Ficha de neutralización del biosólido.

		Elaboración de ladrillos ecológicos a través de biosólidos de (PTAR) Planta de tratamiento de aguas residuales domésticas, Ancón, 2019"				INSTRUMENTO N°3	
FICHA DE NEUTRALIZACIÓN DEL BIOSÓLIDO							
CALIDAD MICROBIOLÓGICA	Pre Tratamiento	pH de muestra	Dosis de Cal (g/L)	pH de muestra	Post Tratamiento	pH óptimo	
	Presencia	Inicial		Final			Presencia
<i>Escherichia Coli</i>							
<i>Salmonella typhi</i>							
Huevos de helminto							
METALES PESADOS		Cantidad inicial		pH óptimo	Cantidad Final		
Plomo							
Cadmio							
Arsénico							


 LUIS FERNANDO MENDOZA APOLAYA
 INGENIERO AMBIENTAL
 Reg. CIP N° 213529


 CECILIA ARELLANO MOROTO
 CIP 12210


 JORGE LEONARDO JAVE NARAYO
 CIP 43444

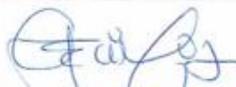
ANEXO N° 5: Formato 4. Ficha de composición del ladrillo ecológico

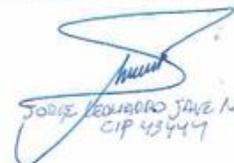
		Elaboración de ladrillos ecológicos a través de biosólidos de (PTAR) Planta de tratamiento de aguas residuales domésticas, Ancón, 2019”				INSTRUMENTO N° 4	
FICHA DE COMPOSICIÓN DEL LADRILLO ECOLÓGICO							
Granulometría Malla N° 18							
CÓDIGO	Biosólido (g)	Sílice		Portland (g)	Total(g)	Agua (ml)	Repeticiones
		Fino (g)	grueso (g)				
Ladrillos al 25% de Biosólidos							
LEB18-01							
LEB18-02							
LEB18-03							
Ladrillos al 15% de Biosólidos							
LEB18-04							
LEB18-05							
LEB18-06							
Ladrillos al 10% de Biosólidos							
LEB18-07							
LEB18-08							
LEB18-09							
Granulometría Malla N° 80							
Ladrillos al 25% de Biosólidos							
LEB80-10							
LEB80-11							
LEB80-12							
Ladrillos al 25% de Biosólidos							
LEB80-13							
LEB80-14							
LEB80-15							
Ladrillos al 25% de Biosólidos							
LEB80-16							
LEB80-17							
LEB80-18							
Granulometría Malla N° -100							
Ladrillos al 25% de Biosólidos							
LEB-100-19							
LEB-100-20							
LEB-100-21							
Ladrillos al 25% de Biosólidos							
LEB-100-22							
LEB-100-23							
LEB-100-24							
Ladrillos al 25% de Biosólidos							
LEB-100-25							
LEB-100-26							
LEB-100-27							

Formato 4. Ficha de composición del ladrillo ecológico

		Elaboración de ladrillos ecológicos a través de biosólidos de (PTAR) Planta de tratamiento de aguas residuales domésticas, Ancón, 2019"				INSTRUMENTO N° 4	
FICHA DE COMPOSICIÓN DEL LADRILLO ECOLÓGICO							
Granulometría Malla N° 18							
CÓDIGO	Biosólido (g)	Sílice		Portland (g)	Total(g)	Agua (ml)	
Repeticiones		Fino (g)	grueso (g)				
Ladrillos al 25% de Biosólidos							
LEB18-01							
LEB18-02							
LEB18-03							
Ladrillos al 15% de Biosólidos							
LEB18-04							
LEB18-05							
LEB18-06							
Ladrillos al 10% de Biosólidos							
LEB18-07							
LEB18-08							
LEB18-09							
Granulometría Malla N° 80							
Ladrillos al 25% de Biosólidos							
LEB80-10							
LEB80-11							
LEB80-12							
Ladrillos al 25% de Biosólidos							
LEB80-13							
LEB80-14							
LEB80-15							
Ladrillos al 25% de Biosólidos							
LEB80-16							
LEB80-17							
LEB80-18							
Granulometría Malla N° -100							
Ladrillos al 25% de Biosólidos							
LEB-100-19							
LEB-100-20							
LEB-100-21							
Ladrillos al 25% de Biosólidos							
LEB-100-22							
LEB-100-23							
LEB-100-24							
Ladrillos al 25% de Biosólidos							
LEB-100-25							
LEB-100-26							
LEB-100-27							


 LUIS FERNANDO
 MENDOZA APOLAYA
 INGENIERO AMBIENTAL
 Reg. CIP N° 213528


 Cecilia Arce de Morero
 CIP 122210


 Jorge Leonardo Jave Nakayo
 CIP 43444

ANEXO N° 6: Formato 5. Ficha de medición de parámetros físico-mecánicos de los ladrillos ecológicos

		Elaboración de ladrillos ecológicos a través de biosólidos de (PTAR) Planta de tratamiento de aguas residuales domésticas, Ancón, 2019”						INSTRUMENTO N° 5	
FICHA DE MEDICIÓN DE PARÁMETROS FÍSICOMECAÑICOS DEL LADRILLO ECOLÓGICO									
Características físicas del ladrillo ecológico							Resistencia y confiabilidad estructural		
Granulometría Malla N° 18									
CÓDIGO	Dimensiones (cm)	Peso (g)	Volumen (cm ³)	Absorción (%)	Alabeo (mm)	Acabado	Densidad (g/cm ³)	Carga Máxima (Kg)	Resistencia a la compresión (Kg/cm ²)
Repeticiones									
Ladrillos al 25% de Biosólidos									
LEB18-01									
LEB18-02									
LEB18-03									
Ladrillos al 15% de Biosólidos									
LEB18-04									
LEB18-05									
LEB18-06									
Ladrillos al 10% de Biosólidos									
LEB18-07									
LEB18-08									
LEB18-09									
Granulometría Malla N° 80									
Ladrillos al 25% de Biosólidos									
LEB80-10									
LEB80-11									
LEB80-12									
Ladrillos al 15% de Biosólidos									
LEB80-13									
LEB80-14									
LEB80-15									
Ladrillos al 10% de Biosólidos									
LEB80-16									
LEB80-17									
LEB80-18									



Elaboración de ladrillos ecológicos a través de biosólidos de (PTAR) Planta de tratamiento de aguas residuales domésticas, Ancón, 2019”

INSTRUMENTO N°
5

FICHA DE MEDICIÓN DE PARÁMETROS FÍSICOMECÁNICOS DEL LADRILLO ECOLÓGICO

Características físicas del ladrillo ecológico

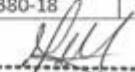
Resistencia y confiabilidad estructural

Granulometría Malla N° -100

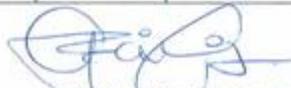
CÓDIGO	Dimensiones (cm)	Peso (g)	Volumen (cm ³)	Absorción (%)	Alabeo (mm)	Acabado	Densidad (g/cm ³)	Carga Máxima (Kg)	Resistencia a la compresión (Kg/cm ²)
Repeticiones									
Ladrillos al 25% de Biosólidos									
LEB-100-19									
LEB-100-20									
LEB100-21									
Ladrillos al 15% de Biosólidos									
LEB-100-22									
LEB-100-23									
LEB-100-24									
Ladrillos al 10% de Biosólidos									
LEB-100-25									
LEB-100-26									
LEB-100-27									

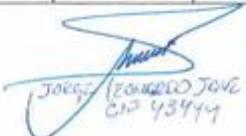
ANEXO 5: Formato 5. Ficha de medición de parámetros fisicomecánicos de los ladrillos ecológicos

		Elaboración de ladrillos ecológicos a través de biosólidos de (PTAR) Planta de tratamiento de aguas residuales domésticas, Ancón, 2019*						INSTRUMENTO N° 5	
FICHA DE MEDICIÓN DE PARÁMETROS FISICOMECAÑICOS DEL LADRILLO ECOLÓGICO									
Características físicas del ladrillo ecológico							Resistencia y confiabilidad estructural		
Granulometría Malla N° 18									
CÓDIGO Repeticiones	Dimensiones (cm)	Peso (g)	Volumen (cm ³)	Absorción (%)	Alabeo (mm)	Acabado	Densidad (g/cm ³)	Carga Máxima (Kg)	Resistencia a la compresión (Kg/cm ²)
Ladrillos al 25% de Biosólidos									
LEB18-01									
LEB18-02									
LEB18-03									
Ladrillos al 15% de Biosólidos									
LEB18-04									
LEB18-05									
LEB18-06									
Ladrillos al 10% de Biosólidos									
LEB18-07									
LEB18-08									
LEB18-09									
Granulometría Malla N° 80									
Ladrillos al 25% de Biosólidos									
LEB80-10									
LEB80-11									
LEB80-12									
Ladrillos al 15% de Biosólidos									
LEB80-13									
LEB80-14									
LEB80-15									
Ladrillos al 10% de Biosólidos									
LEB80-16									
LEB80-17									
LEB80-18									



 LUIS FERNANDO
 MENDOZA APOLAYA
 INGENIERO AMBIENTAL
 Reg. CIP N° 213529


 CECILIA ACOSTA MOSOSO
 CIP 122220


 JORGE LEONARDO JOVE NAKAYO
 CIP 43444



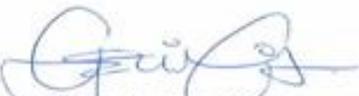
Elaboración de ladrillos ecológicos a través de biosólidos de (PTAR) Planta de tratamiento de aguas residuales domésticas, Ancón, 2019*

INSTRUMENTO N° 5

FICHA DE MEDICIÓN DE PARÁMETROS FÍSICOMECÁNICOS DEL LADRILLO ECOLÓGICO

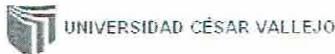
Características físicas del ladrillo ecológico								Resistencia y confiabilidad estructural	
Granulometría Malla N° -100									
CÓDIGO	Dimensiones (cm)	Peso (g)	Volumen (cm ³)	Absorción (%)	Alabeo (mm)	Acabado	Densidad (g/cm ³)	Carga Máxima (Kg)	Resistencia a la compresión (Kg/cm ²)
Repeticiones									
Ladrillos al 25% de Biosólidos									
LEB-100-19									
LEB-100-20									
LEB100-21									
Ladrillos al 15% de Biosólidos									
LEB-100-22									
LEB-100-23									
LEB-100-24									
Ladrillos al 10% de Biosólidos									
LEB-100-25									
LEB-100-26									
LEB-100-27									


 LUÍS FERNANDO MENDOZA APOLAYA
 INGENIERO AMBIENTAL
 Reg. CIP N° 213529


 CEIBA ADRIANA MOTOZO
 CIP 12210


 JORGE LEONARDO JARA NARAY
 CIP 43447

ANEXO N° 7: Validación de Instrumentos



VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: JAVE NAKANO JORGE LEONARDO
 1.2. Cargo e institución donde labora: DOCENTE UCV
 1.3. Especialidad o línea de investigación: INGENIERO AGRÓNOMO
 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: INSTRUMENTO N° 1
 1.5. Autor(A) de Instrumento: TODAS FUENTES, OSORIO, JUAN

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE						MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.										x			
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.										x			
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.										x			
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.										x			
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales										x			
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.										x			
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.										x			
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.										x			
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.										x			
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.										x			

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

Si
No

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN :

85 %

Lima, 28 de junio del 2019


 FIRMA DEL EXPERTO INFORMANTE
 CIP 43444
 DNI No. 900663 Telf.: 992005015

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: JAVE MAKAYO BORG LEONARDO
 1.2. Cargo e institución donde labora: DOCENTE UCV
 1.3. Especialidad o línea de investigación: INGENIERO AGRÓNOMO
 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: INSTRUMENTO N° 2
 1.5. Autor(A) de Instrumento: ROJAT HUANDI OSIDE JEON

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE					MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE				
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.										x			
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.										x			
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.										x			
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.										x			
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales										x			
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.										x			
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.											x		
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.										x			
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.										x			
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.										x			

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

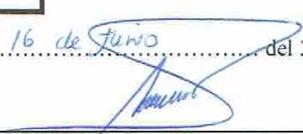
- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

Si

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN :

85 %

Lima, 16 de Junio del 201


FIRMA DEL EXPERTO INFORMANTE
 CP. 43447
 DNI No. 9966633 Telf.: 992005011

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: JANE MORAÑO JORGE LEONARDO
 1.2. Cargo e institución donde labora: DOCENTE UCV
 1.3. Especialidad o línea de investigación: INGENIERO AGRÓNOMO
 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: INSTRUMENTO N°3
 1.5. Autor(A) de Instrumento: ROJAS HUAMÁN OSCAR JUAN

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE					MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE				
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.										X			
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.										X			
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.										X			
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.										X			
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales										X			
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.										X			
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.										X			
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.										X			
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.										X			
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.										X			

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

Si

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN :

85 %

Lima, 28 de junio del 2019

FIRMA DEL EXPERTO INFORMANTE

CIP 43444

DNI No. 01066653 Telf.: 992005015

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: JAVIER NAKAYO JOSE LEONARDO
- 1.2. Cargo e institución donde labora: DOCENTE UCV
- 1.3. Especialidad o línea de investigación: JURISPRUDENCIA ADMINISTRATIVA
- 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: INSTRUMENTO N° 4
- 1.5. Autor(A) de Instrumento: ROBERT HUAMAN OSCAR JUAN

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE					MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE				
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.										X			
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.										X			
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.										X			
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.										X			
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales										X			
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.										X			
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.										X			
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.										X			
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.										X			
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.										X			

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

Si
No

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN :

85 %

Lima, 16 de mayo del 2019

[Firma]
FIRMA DEL EXPERTO INFORMANTE

CIP: 43444

DNI No. 01066653 Telf.: 972005015



VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres:..... JAVE NAKAYO JORGE LEONARDO.....
 1.2. Cargo e institución donde labora:..... DOCENTE UCV.....
 1.3. Especialidad o línea de investigación:..... INGENIERO AERONÁUTICO.....
 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación:..... INSTRUMENTO N° 5.....
 1.5. Autor(A) de Instrumento:..... ROJAS HUAMANI, D. ROSA, JUAN.....

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE					MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE				
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.										x			
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.										x			
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.										x			
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.										x			
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales										x			
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.										x			
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.										x			
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.										x			
9. METODOLOGIA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.										x			
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.										x			

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

SI

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN :

85 %

Lima,..... 16 de Julio..... del 2019

FIRMA DEL EXPERTO INFORMANTE

CIP..... 43424.....DNI No. 9066613 Telf.: 992005015.....

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: ARRIOLA MOSCOSO CECILIA
 1.2. Cargo e institución donde labora: DOCENTE UCV
 1.3. Especialidad o línea de investigación: INVESTIGACIÓN - PROYECTOS
 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: INSTRUMENTO N.º 1
 1.5. Autor(A) de Instrumento: DR. HUAMÁN OSCAR JUAN

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE					MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE				
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.												X	
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.												X	
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.													X
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.													X
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales													X
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.													X
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.										X			
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.													X
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.													X
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.													X

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

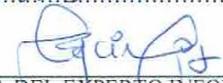
- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

Si

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN :

97,5 %

Lima, 28 de Junio del 201


 FIRMA DEL EXPERTO INFORMANTE
 CIP. 122210
 DNI No. 43851869 Telf. 997509211

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

1.1. Apellidos y Nombres: AREOLA MASCARO CECILIA
 1.2. Cargo e institución donde labora: DOCENTE UCV
 1.3. Especialidad o línea de investigación: INVESTIGACIÓN - PROYECTOS
 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: INSTRUMENTOS N° 2
 1.5. Autor(A) de Instrumento: RODRIGUEZ OSORIO JUAN

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE					MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE				
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.												X	
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.												X	
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.													X
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.													X
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales													X
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.													X
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.									X				
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.													X
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.													X
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.													X

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

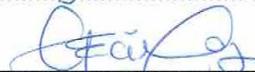
- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

Si

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN :

97,5 %

Lima, 28 de Junio del 2019


 FIRMA DEL EXPERTO INFORMANTE
 CIP. 1122218
 DNI No. 4381809 Telf.: 997509211

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: ARRIOLA MASTROSO CECILIA
 1.2. Cargo e institución donde labora: DOCENTE UCV
 1.3. Especialidad o línea de investigación: INVESTIGACIÓN - PROYECTOS
 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: INSTRUMENTO N.º 3
 1.5. Autor(A) de Instrumento: ROJAS HUAMÁN OSCAR JUAN

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE					MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE				
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.												X	
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.												X	
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.													X
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.													X
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales													X
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.													X
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.										X			
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.													X
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.													X
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.													X

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

Si
No

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN :

97,5 %

Lima, 28/ Junio del 201


FIRMA DEL EXPERTO INFORMANTE

CIP. 122712

DNI No. 43851301 Telf.: 997509211

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

1.1. Apellidos y Nombres: AREOLA MOSCOSO Cecilia
 1.2. Cargo e institución donde labora: DOCENTE UCV
 1.3. Especialidad o línea de investigación: INVESTIGACIÓN - PROYECTOS
 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: INSTRUMENTO N° 4
 1.5. Autor(A) de Instrumento: ROJAS HUAMANÓ OSCAR JUAN

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE						MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.												X	
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.												X	
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.													X
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.													X
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales													X
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.													X
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.										X			
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.													X
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.													X
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.													X

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

Si
No

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN :

97,5 %

Lima, 28 de Junio del 201

[Firma]
FIRMA DEL EXPERTO INFORMANTE

CIP... 22210

DNI No. 43851309 Tel: 997509211

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: Arriola Moscoso Cecilia
 1.2. Cargo e institución donde labora: Docente
 1.3. Especialidad o línea de investigación: Investigación - Proyectos
 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Instrumento N° 5
 1.5. Autor(A) de Instrumento: Rodriguez Huamán Oscar Juan

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE					MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE				
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.												X	
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.												X	
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.													X
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.													X
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales													X
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.													X
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.										X			
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.													X
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.													X
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.													X

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

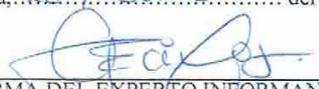
- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

Si
No

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN :

97,5 %

Lima, 28 / Junio del 2019


 FIRMA DEL EXPERTO INFORMANTE
 CIP. 122810
 DNI No. 43851809 Telf: 997509211

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: LUIS FERNANDO MENDOZA AROLAYA
 1.2. Cargo e institución donde labora: DOCENTE UNE
 1.3. Especialidad o línea de investigación: INGENIERO AMBIENTAL
 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: INSTRUMENTO N° 1
 1.5. Autor(A) de Instrumento: ROJAS HUAMAN OSCAR JUAN

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE					MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE				
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.												/	
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.												/	
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.												/	
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.												/	
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales												/	
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.												/	
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.												/	
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.												/	
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.												/	
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.												/	

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

Si

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN :

95 %

Lima, 28 de Mayo del 2015

FIRMA DEL EXPERTO INFORMANTE

CIP 08074704 Telf: 995-418217

LUIS FERNANDO MENDOZA AROLAYA
 INGENIERO AMBIENTAL
 Reg. CIP N° 213529

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: LUIS FERNANDO MENDOZA APOLAYA
- 1.2. Cargo e institución donde labora: DOCENTE UNIJ
- 1.3. Especialidad o línea de investigación: INSTRUMENTO AMBIENTAL
- 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: INSTRUMENTO N°2
- 1.5. Autor(A) de Instrumento: ROJAS HUAMÁN OSAR JUAN

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE						MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.												✓	
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.												✓	
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.												✓	
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.												✓	
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales												✓	
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.												✓	
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.												✓	
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.												✓	
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.												✓	
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.												✓	

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

Si

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN :

95 %

Lima, 28 de Mayo del 2019


 FIRMA DEL EXPERTO INFORMANTE
 CIP.....

DNI No. 08057647 Telf.: 920.918217

**LUIS FERNANDO
 MENDOZA APOLAYA
 INGENIERO AMBIENTAL
 Reg. CIP N° 213529**

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: Luis Fernando Mendoza Apolaya
 1.2. Cargo e institución donde labora: DOCENTE UNI
 1.3. Especialidad o línea de investigación: INGENIERO AMBIENTAL
 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: INSTRUMENTO N° 3
 1.5. Autor(A) de Instrumento: ROSAL HUAMÁN OSVALDO JUROS

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE					MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE				
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.												✓	
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.												✓	
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.												✓	
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.												✓	
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales												✓	
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.												✓	
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.												✓	
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.												✓	
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.												✓	
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.												✓	

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

SÍ
NO

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN :

95 %

Lima, 28 de MARZO del 2019

[Firma]
FIRMA DEL EXPERTO INFORMANTE

CIP.....
DNI No. 08011664. Telf.: 99541824

LUIS FERNANDO
MENDOZA APOLAYA
INGENIERO AMBIENTAL
Reg. CIP N° 213529

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: LUIS FERNANDO MENDOZA APOLAYA
 1.2. Cargo e institución donde labora: DOCENTE URV
 1.3. Especialidad o línea de investigación: INGENIERO AMBIENTAL
 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: INSTRUMENTO N° 4
 1.5. Autor(A) de Instrumento: ROJAS HUAMÁN, OSWALDO JUAN

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE					MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE				
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.												/	
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.												/	
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.												/	
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.												/	
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales												/	
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.												/	
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.												/	
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.												/	
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.												/	
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.												/	

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

SI

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN :

96 %

Lima, 28 Mayo del 2019

FIRMA DEL EXPERTO INFORMANTE

CIP
 DNI No. 0807404 Telf. 995405217

LUIS FERNANDO
 MENDOZA APOLAYA
 INGENIERO AMBIENTAL
 Reg. CIP N° 213529

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: LUIS FERNANDO MENDOZA APOLAYA
 1.2. Cargo e institución donde labora: DOCENTE UNIV
 1.3. Especialidad o línea de investigación: INGENIERO AMBIENTAL
 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: INSTRUMENTO N° 5
 1.5. Autor(A) de Instrumento: ROSA HUAMÁN OSAL JUAN

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE					MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE				
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.												/	
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.												/	
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.												/	
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.												/	
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales												/	
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.												/	
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.												/	
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.												/	
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.												/	
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.												/	

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

Si

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN :

95 %

Lima, 28 Mayo del 201

[Firma]
FIRMA DEL EXPERTO INFORMANTE

CIP.....
DNI No. 0805-7101 Tel: 995918214

**LUIS FERNANDO
 MENDOZA APOLAYA
 INGENIERO AMBIENTAL
 Reg. CIP N° 213529**

ANEXO N° 8: Informe y certificación de resultados



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

Facultad de Ingeniería Geológica, Minera y Metalúrgica

Laboratorio de Espectrometría

CARACTERIZACIÓN – BIOSÓLIDO PTAR. ANCÓN

SOLICITADO POR : OSCAR JUAN ROJAS HUAMAN

Procedencia de la Muestra : PTAR. Ancón - Biosólido

Recepción de Muestra : Lima, 25 de Abril del 2019

Código	T°C	pH Relación: 1:1	CE $\mu\text{S}/\text{cm}$ Relación: 1:1	Eh mv Relación: 1:1
BPTAR – A inicial	23	6.75	7720	100.4

Código	%Arena	%Limo	%Arcilla	%Mo
BPTAR – A inicial	56.6	21.2	21.3	0.9

Código	Humedad %H	Materia volátil %Mv	Cenizas % Ce	Carbono fijo %CF	Poder calorífico kcal/kg
BPTAR – A inicial	1.74	38.17	48.11	13.72	5678

Código	Densidad Real (gr/cm^3)	Densidad Relativa (gr/cm^3)	Conductividad Hidráulica (cm/s)	NO_3^- ($\text{gr}/100\text{ml}$)
BPTAR – A inicial	2.179	1.25	0.0031	48.002

Método Potenciométrico	Técnica: multiparámetro
Método espectrofotometría (EPA 350)	Técnica: Absorción Atómica
Método Variación de peso	Técnica: Picnómetro

Av. Túpac Amará N° 210, Lima 25, Apartado 1301-Perú

Teléfono: (511) 4824427 , Central Telefónica (511) 4811070, Anexo 4245

e-mail: labespectro@uni.edu.pe

ANALISIS GRANULOMÉTRICO

Malla N°	Abertura (mm)	Peso Retenido (gr)	% Retenido	%Acumulado	
				+Retenido	-Pasa
	0	0	0	0	100
+6	3.35	31	6.2	6.2	93.8
+10	2.00	59	11.8	18	82
+18	1.00	89	17.8	35.8	64.2
+30	0.60	59	11.8	47.6	52.4
+40	0.425	44	8.8	56.4	43.6
+80	0.180	85	17	73.4	26.6
+100	0.150	24	4.8	78.2	21.8
-100	-0.150	109	21.8	100	0
	Peso	500			

Método ASTM – D422	Técnica: análisis de malla
--------------------	----------------------------

Lima, 9 de Mayo del 2019


 MSc. Atilio Mendoza A.
 Jefe Lab. Espectrometría

Av. Túpac Amarú N° 210, Lima 25, Apartado 1301-Perú
 Teléfono: (511) 4824427 , Central Telefónica (511) 4811070, Anexo 4245
 e-mail: labespectro@uni.edu.pe



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

Facultad de Ingeniería Geológica, Minera y Metalúrgica

Laboratorio de Espectrometría

ANALISIS DE BIOSOLIDO

SOLICITADO POR : OSCAR JUAN ROJAS HUAMAN

Procedencia de la Muestra : PTAR. Ancón - BIOSÓLIDO

Recepción de Muestra : Lima, 25 de Abril del 2019

RESULTADO DEL ANALISIS DEL BIOSÓLIDO – PTAR. ANCÓN

Elementos	Muestra Biosólido - Ancón
%Cu	0.2379
%Pb	0.0755
%Zn	0.1862
%Fe	1.8949
%Mn	0.1026
%Cd	0.0007
%As	0.0158

Método Espectrofotometría (EPA 350)	Técnica: Absorción Atómica
-------------------------------------	----------------------------

Lima, 27 de Abril del 2019


MSc. Atilio Mendoza A.
Jefe Lab. Espectrometría



Av. Túpac Amará N° 210, Lima 25, Apartado 1301-Perú
Teléfono: (511) 4824427 , Central Telefónica (511) 4811070, Anexo 4245
e-mail: labespectro@uni.edu.pe



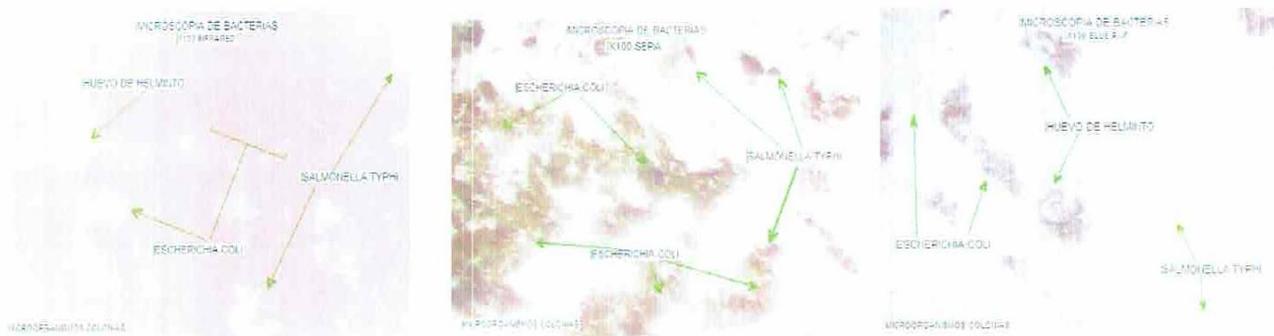
EVALUACION DE TINCION GRAM INICIAL EN BIOSOLIDOS DE PTAR ANCON

SOLICITADO : OSCAR JUAN ROJAS HUAMAN

MUESTRA : Ladrillos fabricados con Biosólidos de PTAR Ancón

FECHA : Lima 16 de Junio del 2019

CRITERIO DE EVALUACION DE TINCION GRAM INICIAL EN BIOSOLIDOS DE PTAR ANCON



Se pudo apreciar la presencia de bacterias en el análisis cualitativo de identificación microbiológica



Después del tratamiento del biosólido se pudo observar la eliminación de bacterias en 10⁰

Lima, 27 de Junio del 2019

Handwritten signature of MSc. Atilio Mendoza A.

MSc. Atilio Mendoza A.

Jefe Lab. ESPECTROMETRÍA



Av. Túpac Amará N° 210, Lima 25, Apartado 1301-Perú
Teléfono: (511) 4824427, Central Telefónica (511) 4811070, Anexo 4245
e-mail: labespectro@uni.edu.pe



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

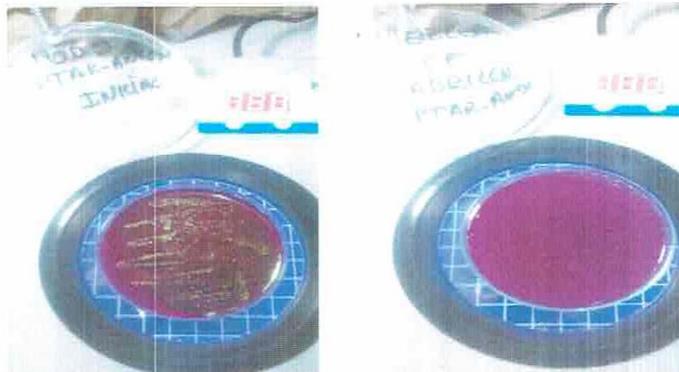
Facultad de Ingeniería Geológica, Minera y Metalúrgica
Laboratorio de Espectrometría

ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO DE LADRILLO DE BIOSÓLIDO PTAR ANCÓN

SOLICITADO POR : OSCAR JUAN ROJAS HUAMAN
DE LA MUESTRA : Ladrillos fabricados de biosólidos de PTAR-Ancón
FECHA DE EMISIÓN : Lima 16 de Junio del 2019

CRITERIOS DE EVALUACION DE ANALISIS MICROBIOLÓGICO EN LADRILLOS DE BIOSÓLIDOS – PTAR ANCÓN

Código	Carga alta	Carga media	Carga baja	UFC/100 ml
Biosólido inicial	80	32	22	169866
Biosólidos con tratamiento	10 ⁰	10 ⁰	10 ⁰	10 ⁰



Se pudo observar que el tratamiento del biosólidos en alcalino eliminó las bacterias

Nota: Método Utilizado Membrana Filtrante- 24 horas – 36°C Incubadora

Lima, 27 de Junio del 2019

MSc. Atilio Mendoza A.

Jefe Lab. ESPECTROMETRÍA

Av. Túpac Amarú N° 210, Lima 25, Apartado 1301-Perú
 Teléfono: (511) 4824427 , Central Telefónica (511) 4811070, Anexo 4245
 e-mail: labespectro@uni.edu.pe





UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

Facultad de Ingeniería Geológica, Minera y Metalúrgica

Laboratorio de Espectrometría

ENSAYO FISICOQUÍMICO DE LAS MEZCLAS DE LADRILLOS

SOLICITADO POR : OSCAR JUAN ROJAS HUAMAN
DE LA MUESTRA : Ladrillos fabricados de biosólidos de PTAR-Ancón
RECEPCIÓN DE MUESTRA : Lima 25 de Junio del 2019

PARÁMETROS FÍSICOS DE LA MEZCLA AL 25%						
N° MALLA	TEMPERATURA (°C)	HUMEDAD (%)	MATERIA VOLÁTIL (%)	CENIZA (%)	CARBÓN FIJO (%)	PODER CALORÍFICO (Kcal/Kg)
+18	21.6	18.16	7.75	90.74	1.51	1053.82
+80	21.5	17.50	6.44	92.08	1.48	894.16
-100	21.6	25.65	9.56	87.80	2.64	1363.68

PARÁMETROS FÍSICOS DE LA MEZCLA AL 15%						
N° MALLA	TEMPERATURA (°C)	HUMEDAD (%)	MATERIA VOLÁTIL (%)	CENIZA (%)	CARBÓN FIJO (%)	PODER CALORÍFICO (Kcal/Kg)
+18	21.8	18.16	7.74	90.75	1.51	1052.62
+80	21.7	17.50	6.43	92.09	1.45	892.96
-100	21.8	25.65	9.57	87.82	2.61	1362.42

PARÁMETROS FÍSICOS DE LA MEZCLA AL 10%						
N° MALLA	TEMPERATURA (°C)	HUMEDAD (%)	MATERIA VOLÁTIL (%)	CENIZA (%)	CARBÓN FIJO (%)	PODER CALORÍFICO
+18	21.7	18.15	7.76	90.76	1.48	1054.20
+80	21.8	17.56	6.45	92.67	1.48	895.36
-100	21.6	25.62	9.55	87.81	2.64	1362.48

Método ASTM D 1762,2007	Técnica física de mufla
Método ASTM E 711,2000	Técnica física de mufla
Potenciometría	Técnica multiparámetro

Lima, 02 de Julio del 2019

MSc. Atilio Mendoza A.
Jefe Lab. Espectrometría

Av. Túpac Amará N° 210, Lima 25, Apartado 1301-Perú
Teléfono: (511) 4824427 , Central Telefónica (511) 4811070, Anexo 4245
e-mail: labespectro@uni.edu.pe



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

Facultad de Ingeniería Geológica, Minera y Metalúrgica

Laboratorio de Espectrometría

ENSAYO FISICOQUÍMICO DE LAS MEZCLAS DE LADRILLOS

SOLICITADO POR : OSCAR JUAN ROJAS HUAMAN
MUESTRA : Ladrillos fabricados de Biosólidos de PTAR-Ancón
RECEPCIÓN DE MUESTRA : Lima 25 de Junio del 2019

PARÁMETROS QUÍMICOS DE LA MEZCLA AL 25%			
N° MALLA	pH	CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA ($\mu\text{s}/\text{cm}$)	POTENCIAL REDOX (mv)
+18	12.41	9450	-283
+80	12.42	7270	-281
-100	12.27	6310	-273

PARÁMETROS QUÍMICOS DE LA MEZCLA AL 15%			
N° MALLA	pH	CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA ($\mu\text{s}/\text{cm}$)	POTENCIAL REDOX (mv)
+18	12.40	9453	-284
+80	12.43	7272	-282
-100	12.29	6318	-274

PARÁMETROS QUÍMICOS DE LA MEZCLA AL 10%			
N° MALLA	pH	CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA ($\mu\text{s}/\text{cm}$)	POTENCIAL REDOX (mv)
++18	12.42	9451	-282
+80	12.41	7271	-280
-100	12.28	6315	-273

CONDICIONES AMBIENTALES : Temperatura =21.1 °C H.R.=72.3
MÉTODO DE ENSAYO: Potenciométrico – Técnica Multiparametro

Lima, 02 de Julio del 2019

MSc. Atilio Mendoza A.
Jefe Lab. Espectrometría

Av. Túpac Amará N° 210, Lima 25, Apartado 1301-Perú
Teléfono: (511) 4824427 , Central Telefónica (511) 4811070, Anexo 4245
e-mail: labespectro@uni.edu.pe



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

Facultad de Ingeniería Geológica, Minera y Metalúrgica

Laboratorio de Espectrometría

ENSAYO DIMENSIONAL DE LADRILLO

SOLICITADO POR : OSCAR JUAN ROJAS HUAMAN
DE LA MUESTRA : Ladrillos fabricados de biosólidos de PTAR-Ancón
FECHA DE EMISIÓN : Lima 16 de Junio del 2019

ENSAYO DIMENSIONAL DEL LADRILLO - MALLA N.º 18 (E.070)						
CÓDIGO	DIMENSIONES (cm)			PESO (g)	VOLUMEN (cm ³)	DENSIDAD (g/cm ³)
	MUESTRAS	LARGO	ANCHO			
LEB18-01	25.1	12.1	6.3	3859	1913.37	2.02
LEB18-02	24.9	12.2	7.0	3884	2126.46	1.83
LEB18-03	24.9	12.0	6.4	3879	1912.32	2.03
LEB18-04	25.0	12.0	7.0	3847	2100.00	1.83
LEB18-05	25.0	12.1	6.4	3849	1936.00	1.99
LEB18-06	25.1	12.2	6.3	3861	1929.19	2.00
LEB18-07	25.0	12.1	6.6	3867	1996.50	1.94
LEB18-08	25.1	12.0	6.4	3860	1927.68	2.00
LEB18-09	25.1	12.1	6.5	3923	1974.12	1.99

ENSAYO DIMENSIONAL DEL LADRILLO - MALLA N.º 80 (E.070)						
CÓDIGO	DIMENSIONES (cm)			PESO (g)	VOLUMEN (cm ³)	DENSIDAD (g/cm ³)
	MUESTRAS	LARGO	ANCHO			
LEB80-10	25.0	12.0	6.3	3781	1890.00	2.00
LEB80-11	25.1	12.1	6.5	3911	1974.12	1.98
LEB80-12	25.0	12.0	6.4	3879	1920.00	2.02
LEB80-13	25.1	12.2	6.6	3882	2021.05	1.92
LEB80-14	24.9	12.1	6.2	3876	1868.00	2.07
LEB80-15	25.1	12.0	6.5	3919	1957.80	2.00
LEB80-16	25.0	12.0	6.3	3770	1890.00	1.99
LEB80-17	25.0	12.0	6.5	3788	1950.00	1.94
LEB80-18	25.0	12.1	6.4	3980	1936.00	2.06

CONDICIONES AMBIENTALES : Temperatura =21.2 °C H.R. =72.3%

MÉTODO DE ENSAYO Norma de referencia NTP 399 .613.

ENSAYO DIMENSIONAL DEL LADRILLO - MALLA N.º -100 (E.070)						
DIMENSIONES (cm)	DIMENSIONES (cm)			PESO (g)	VOLUMEN (cm ³)	Densidad (g/cm ³)
	LARGO	ANCHO	ALTURA			
LEB-100-19	25.0	12.0	6.3	3388	1890.00	1.79
LEB-100-20	25.0	12.0	6.3	3446	1890.00	1.82
LEB-100-21	25.1	12.0	6.2	3427	1867.44	1.84
LEB-100-22	25.0	12.0	6.4	3370	1920.00	1.76
LEB-100-23	25.1	12.1	6.4	3385	1943.74	1.74
LEB-100-24	25.0	12.1	6.3	3384	1905.75	1.78
LEB-100-25	25.0	12.0	6.1	3284	1830.00	1.79
LEB-100-26	25.0	12.0	6.2	3353	1860.00	1.80
LEB-100-27	25.2	12.1	6.0	3290	1815.00	1.81

CONDICIONES AMBIENTALES : Temperatura =21.2 °C H.R. =72.3%

MÉTODO DE ENSAYO : Norma general E.070-Albañería.
Norma de referencia NTP 399 .613.

Lima, 27 de Junio del 2019



MSc. Atilio Mendoza A.

Jefe Lab. ESPECTROMETRÍA

Av. Túpac Amará N° 210, Lima 25, Apartado 1301-Perú
Teléfono: (511) 4824427 , Central Telefónica (511) 4811070, Anexo 4245
e-mail: labespectro@uni.edu.pe



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

Facultad de Ingeniería Geológica, Minera y Metalúrgica

Laboratorio de Espectrometría

ENSAYO DE MEDIDA DEL ALABEO

SOLICITADO POR : OSCAR JUAN ROJAS HUAMAN
DE LA MUESTRA : Ladrillos fabricados de biosólidos de PTAR-Ancón
FECHA DE EMISIÓN : Lima 16 de Junio del 2019

ENSAYO DE MEDIDA DEL ALABEO MALLA N.º 18 (E.070)			
CÓDIGO MUESTRAS	CÓNCAVO (mm)	CONVEXO (mm)	PROMEDIO (mm)
LEB18-01	2.0	0	1.83
LEB18-02	1.5	0	
LEB18-03	2.0	0	
LEB18-04	2.0	0	1.66
LEB18-05	1.0	0	
LEB18-06	2.0	0	
LEB18-07	2.0	0	2.00
LEB18-08	2.0	0	
LEB18-09	2.0	0	

CONDICIONES AMBIENTALES : Temperatura =21.2 °C H.R. =72.3%
MÉTODO DE ENSAYO : Norma general E.070-Albañería.
Norma de referencia NTP 399 .613.

Av. Túpac Amará N° 210, Lima 25. Apartado 1301-Perú
Teléfono: (511) 4824427 , Central Telefónica (511) 4811070, Anexo 4245
e-mail: labespectro@uni.edu.pe

ENSAYO DE MEDIDA DEL ALABEO - MALLA N.º 80 (E.070)			
CÓDIGO	CÓNCAVO (mm)	CÓNCAVO (mm)	PROMEDIO (mm)
MUESTRAS			
LEB80-10	1.7	0	1.40
LEB80-11	1.0	0	
LEB80-12	1.5	0	
LEB80-13	2.0	0	1.56
LEB80-14	1.7	0	
LEB80-15	1.0	0	
LEB80-16	1.5	0	1.50
LEB80-17	1.0	0	
LEB80-18	2.0	0	

CONDICIONES AMBIENTALES : Temperatura =21.2 °C H.R. =72.3%

MÉTODO DE ENSAYO : Norma general E.070-Albañería.
Norma de referencia NTP 399.613.

ENSAYO DE MEDIDA DEL ALABEO - MALLA N.º -100 (E.070)			
CÓDIGO	CÓNCAVO (mm)	CONVEXO (mm)	PROMEDIO (mm)
MUESTRAS			
LEB80-19	1.0	0	10
LEB80-20	1.0	0	
LEB80-21	1.0	0	
LEB80-22	1.0	0	1.2
LEB80-23	1.5	0	
LEB80-24	1.0	0	
LEB80-25	1.0	0	1.0
LEB80-26	1.0	0	
LEB80-27	1.0	0	

CONDICIONES AMBIENTALES : Temperatura =21.2 °C H.R. =72.3%

MÉTODO DE ENSAYO : Norma general E.070-Albañería.
Norma de referencia NTP 399.613.

Lima, 27 de Junio del 2019



MSc. Atilio Méndez A.
Jefe Lab. ESPECTROMETRÍA



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

Facultad de Ingeniería Geológica, Minera y Metalúrgica
Laboratorio de Espectrometría

ENSAYO DE ABSORCIÓN POR 24 HORAS

SOLICITADO POR : OSCAR JUAN ROJAS HUAMAN
DE LA MUESTRA : Ladrillos fabricados de biosólidos de PTAR-Ancón
FECHA DE EMISIÓN : Lima 16 de Junio del 2019

ENSAYO DE ABSORCIÓN POR 24 HORAS (E.070)					
CÓDIGO	Peso normal (g)	Peso seco en estufa (g)	Peso saturado (g)	Contenido de Agua (%)	% Promedio
LEB18-01	3859	3783	4163	10.04	9.87
LEB18-06	3861	3785	4155	9.78	
LEB18-09	3923	3847	4224	9.80	
LEB80-11	3911	3811	3999	4.93	4.87
LEB80-14	3876	3778	3966	4.98	
LEB80-18	3980	3882	4065	4.71	
LEB-100-19	3388	3273	3368	2.90	2.81
LEB-100-22	3370	3358	3451	2.77	
LEB-100-26	3353	3250	3340	2.77	

CONDICIONES AMBIENTALES : Temperatura =21.2 °C H.R. =72.3%.

MÉTODO DE ENSAYO : Norma general E.070-Albañería.
Norma de referencia NTP 399.613.

Lima, 27 de Junio del 2019

Jefe Lab. ESPECTROMETRÍA

Av. Túpac Amará N° 210, Lima 25, Apartado 1301-Perú
Teléfono: (511) 4824427, Central Telefónica (511) 4811070, Anexo 4245
e-mail: labespectro@uni.edu.pe



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

Facultad de Ingeniería Civil

LABORATORIO N° 1 DE ENSAYO DE MATERIALES "ING. MANUEL GONZÁLES DE LA COTERA"

Carrera de Ingeniería Civil Acreditada por



Accreditation Board for engineering and Technology



Engineering
Technology
Accreditation
Commission

INFORME

Del : Laboratorio N°1 Ensayo de Materiales
 A : OSCAR JUAN ROJAS HUAMAN
 Obra : CONTROL DE CALIDAD
 Ubicación : LIMA
 Asunto : Ensayo de Resistencia a la Compresión en Unidades de Albañilería
 Expediente N° : 19-2392
 Recibo N° : 66264
 Fecha de emisión : 24/06/2019

- 1.0. DE LA MUESTRA : Ladrillo fabricado de lodo de PTAR - Ancón, identificados por el solicitante como se indica en el cuadro de resultados.
- 2.0. DEL EQUIPO : Máquina de ensayo uniaxial, PROETI
 Certificado de calibración: LFP-273-2018
- 3.0. MÉTODO DE ENSAYO : Norma de referencia NTP 399.604.
 Procedimiento interno AT-PR-09.
- 4.0. CONDICIONES AMBIENTALES : Temperatura = 20.2 °C H.R. = 74.3%
- 5.0. RESULTADOS : Fecha de ensayo; 21 de Junio del 2019

MUESTRAS	DIMENSIONES (cm)			ÁREA BRUTA (cm ²)	CARGA MÁXIMA (Kg)	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (Kg/cm ²)
	LARGO	ANCHO	ALTURA			
LADRILLO 1 : Malla - 100	25.2	12.1	6.0	304.9	8134	26.7
LADRILLO 1 : Malla + 18	24.9	12.0	6.4	298.8	87770	293.7
LADRILLO 1 : Malla + 80	25.1	12.0	6.5	301.2	74792	248.3

6.0. OBSERVACIONES: 1) La información referente al muestreo, procedencia, cantidad, fecha de obtención e identificación han sido proporcionadas por el solicitante.

Hecho por : Mag. Ing. C. Villegas M.
 Técnico : Sr. E.G.V.



Msc. Ing. Isabel Moromi Nakata
 Jefe (e) del laboratorio

NOTAS:

- 1) Está prohibido reproducir o modificar el informe de ensayo, total o parcialmente, sin la autorización del laboratorio.
- 2) Los resultados de los ensayos solo corresponden a las muestras proporcionadas por el solicitante.



Av. Tupac Amaru N° 210, Lima 25
 apartado 1301 - Perú



(511) 381-3343



(511) 481-1070 Anexo: 4058 / 4046



www.lem.uni.edu.pe



lem@uni.edu.pe



Laboratorio de Ensayo de Materiales - UNI





UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

Facultad de Ingeniería Geológica, Minera y Metalúrgica

Laboratorio de Espectrometría

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE UNIDADES DE ALBAÑILERÍA

SOLICITADO POR : OSCAR JUAN ROJAS HUAMAN
DE LA MUESTRA : Ladrillos fabricados de biosólidos de PTAR-Ancón
FECHA DE EMISIÓN : Lima 16 de Junio del 2019

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE UNIDADES DE ALBAÑILERÍA - MALLA N.º 18

CÓDIGO MUESTRAS	DIMENSIONES (cm)			ÁREA BRUTA (cm ²)	CARGA MAXIMA (Kg)	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (Kg/cm ²)
	LARGO	ANCHO	ALTURA			
LEB18-01	25.1	12.1	6.3	303.71	85775	282.4
LEB18-02	24.9	12.2	7.0	303.78	86875	286.0
LEB18-04	25.0	12.0	7.0	300.00	85765	285.9
LEB18-05	25.0	12.1	6.4	302.50	87765	290.1
LEB18-06	25.1	12.2	6.3	306.22	84753	276.8
LEB18-07	25.0	12.1	6.6	302.50	86745	286.8
LEB18-08	25.1	12.0	6.4	301.20	86755	288.0
LEB18-09	25.1	12.1	6.5	303.71	85776	283.4

Av. Túpac Amará N° 210, Lima 25, Apartado 1301-Perú
Teléfono: (511) 4824427 , Central Telefónica (511) 4811070, Anexo 4245
e-mail: labespectro@uni.edu.pe

ENSAYO DE MEDIDA DEL ALABEO - MALLA N.º 80 (E.070)			
CÓDIGO	CÓNCAVO (mm)	CÓNCAVO (mm)	PROMEDIO (mm)
MUESTRAS			
LEB80-10	1.7	0	1.40
LEB80-11	1.0	0	
LEB80-12	1.5	0	
LEB80-13	2.0	0	1.56
LEB80-14	1.7	0	
LEB80-15	1.0	0	
LEB80-16	1.5	0	1.50
LEB80-17	1.0	0	
LEB80-18	2.0	0	

CONDICIONES AMBIENTALES : Temperatura =21.2 °C H.R. =72.3%

MÉTODO DE ENSAYO : Norma general E.070-Albañería.
Norma de referencia NTP 399 .613.
Norma de referencia NTP 399 .604.

ENSAYO DE MEDIDA DEL ALABEO - MALLA N.º -100 (E.070)			
CÓDIGO	CÓNCAVO (mm)	CONVEXO (mm)	PROMEDIO (mm)
MUESTRAS			
LEB80-19	1.0	0	10
LEB80-20	1.0	0	
LEB80-21	1.0	0	
LEB80-22	1.0	0	1.2
LEB80-23	1.5	0	
LEB80-24	1.0	0	
LEB80-25	1.0	0	1.0
LEB80-26	1.0	0	
LEB80-27	1.0	0	

CONDICIONES AMBIENTALES : Temperatura =21.2 °C H.R. =72.3%

MÉTODO DE ENSAYO : Norma general E.070-Albañería.
Norma de referencia NTP 399 .613.
Norma de referencia NTP 399 .604.

Lima, 27 de Junio del 2019

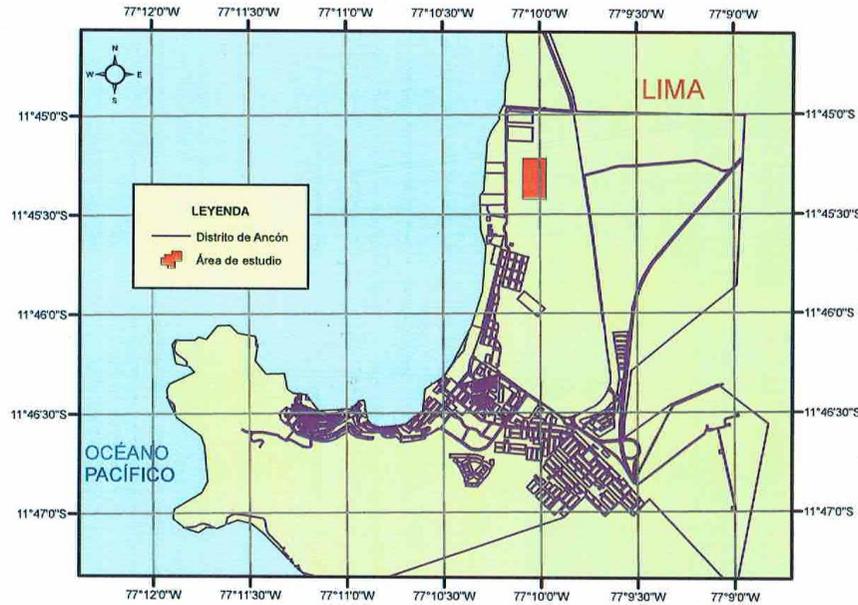


MSc. Atilio Mendoza A.

Jefe Lab. ESPECTROMETRÍA

ANEXO N° 9: Ubicación de la PTAR Ancón

MAPA DE UBICACION GEOGRAFICA DE LA PTAR ANCÓN



 UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO			
Tesista: Oscar Juan Rojas Huamán	UBICACIÓN GEOGRÁFICA DE LA PTAR ANCÓN		Mapa N°: 1
	Provincia: Lima	Distrito: Ancón	
	Escala: 1/52,000	Fecha: Abril, 2019	
	Revisado por: Mg. María Paulina Aliaga Martínez		

MAPA DE MUESTREO



LEYENDA

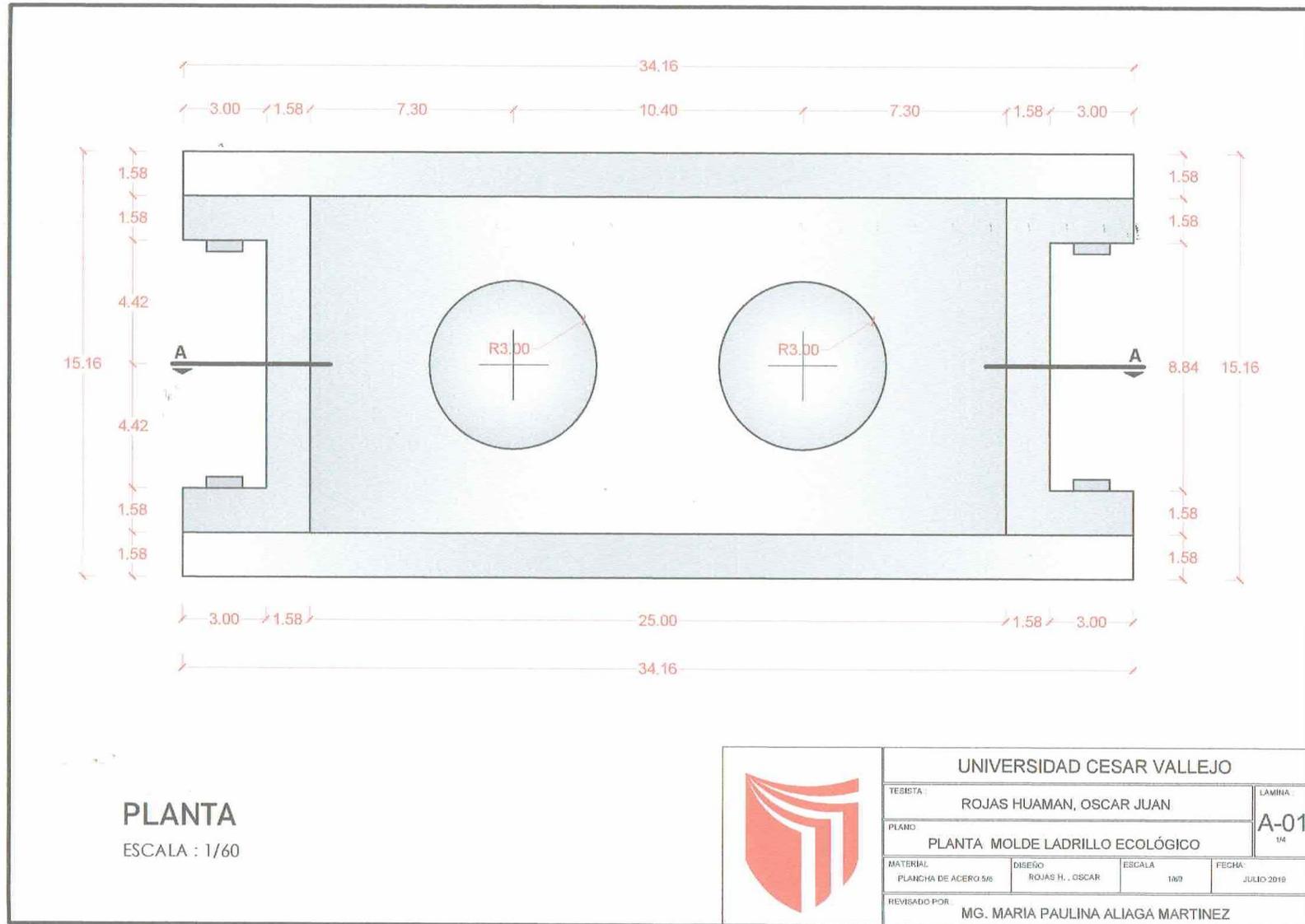
- ◆ PUNTOS
- ÁREA DE MUESTRA
- ÁREA POBLACIONAL
- DISTRITO-ANCÓN

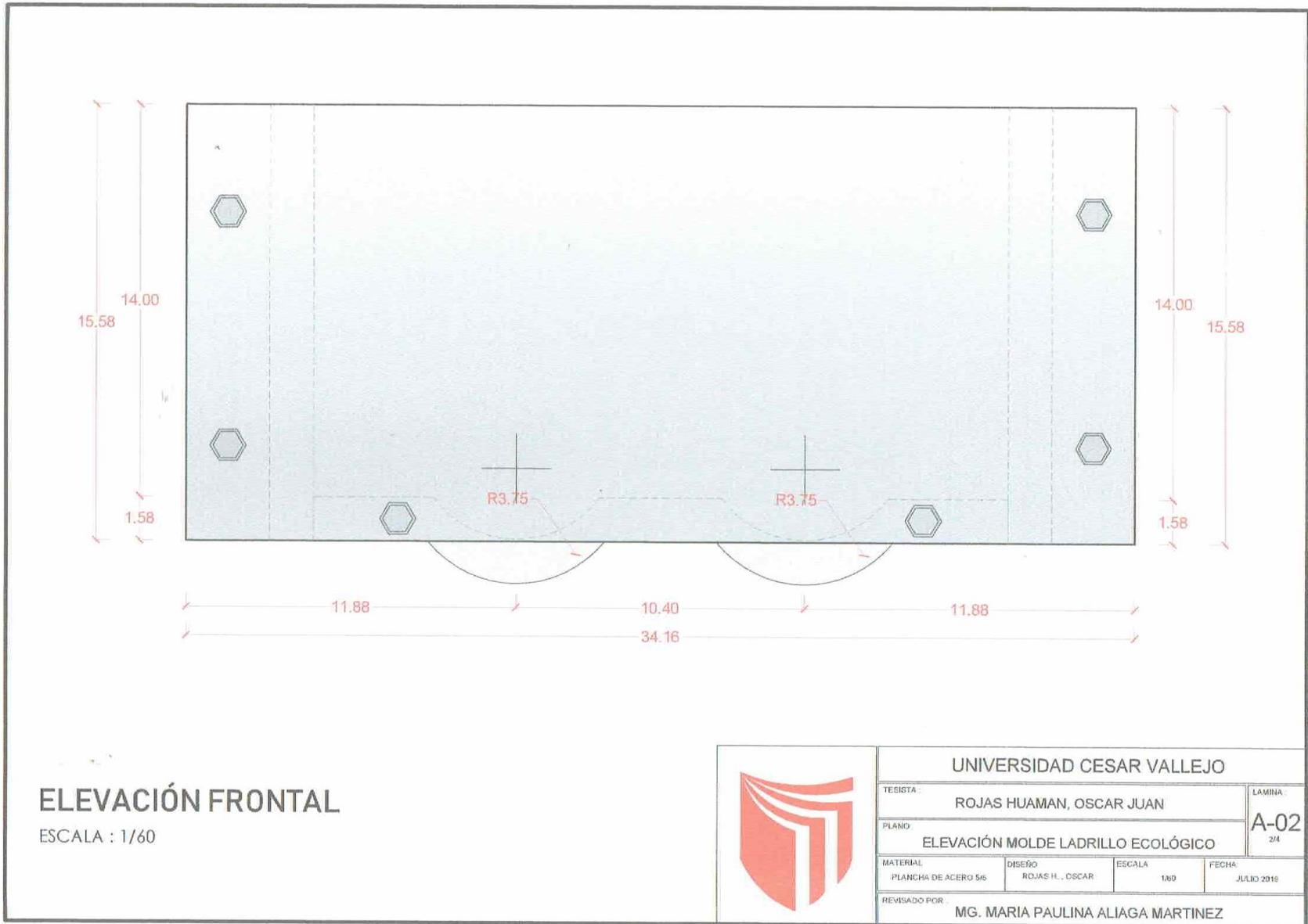
PUNTOS DE MUESTREO			
PUNTOS	COORDENADAS UTM		Observaciones
	ESTE	NORTE	Ubicación: Km. 46 Panamericana Norte
P-01	236881	8699678	Georreferenciación del área de muestra
P-02	263888	8699606	
P-03	263865	8699604	
P-04	263858	8699678	
P-05	263873	8699641	Georreferenciación de la población

 **UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

Tesisista: Oscar Juan Rojas Huamán	MAPA DE MUESTREO - PTAR ANCÓN		Mapa N°: 2
	Provincia: Lima	Distrito: Ancón	
	Escala: 1/2,600	Fecha: Abril, 2019	
	Revisado por: Mg. María Paulina Aliaga Martínez		

ANEXO N° 10: Molde para ladrillo ecológico



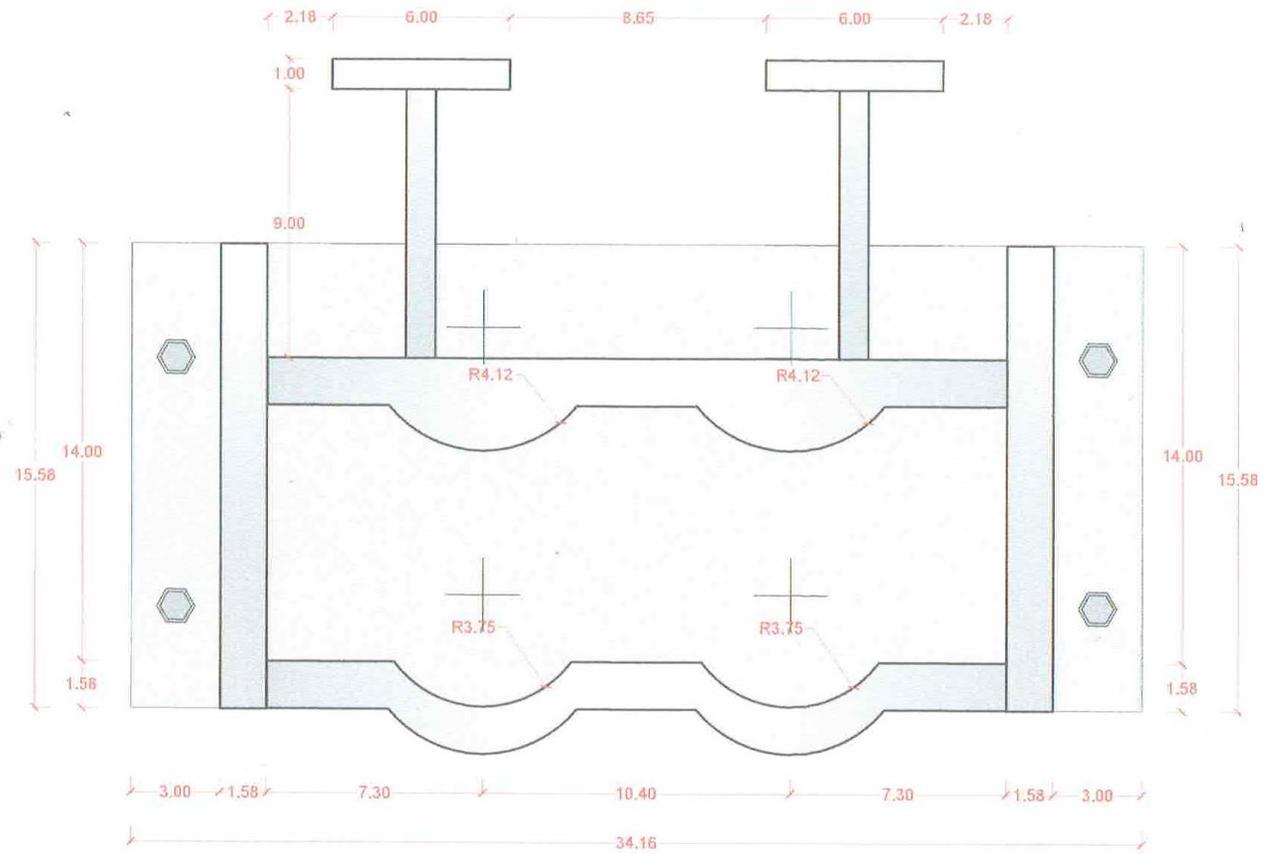


ELEVACIÓN FRONTAL

ESCALA : 1/60

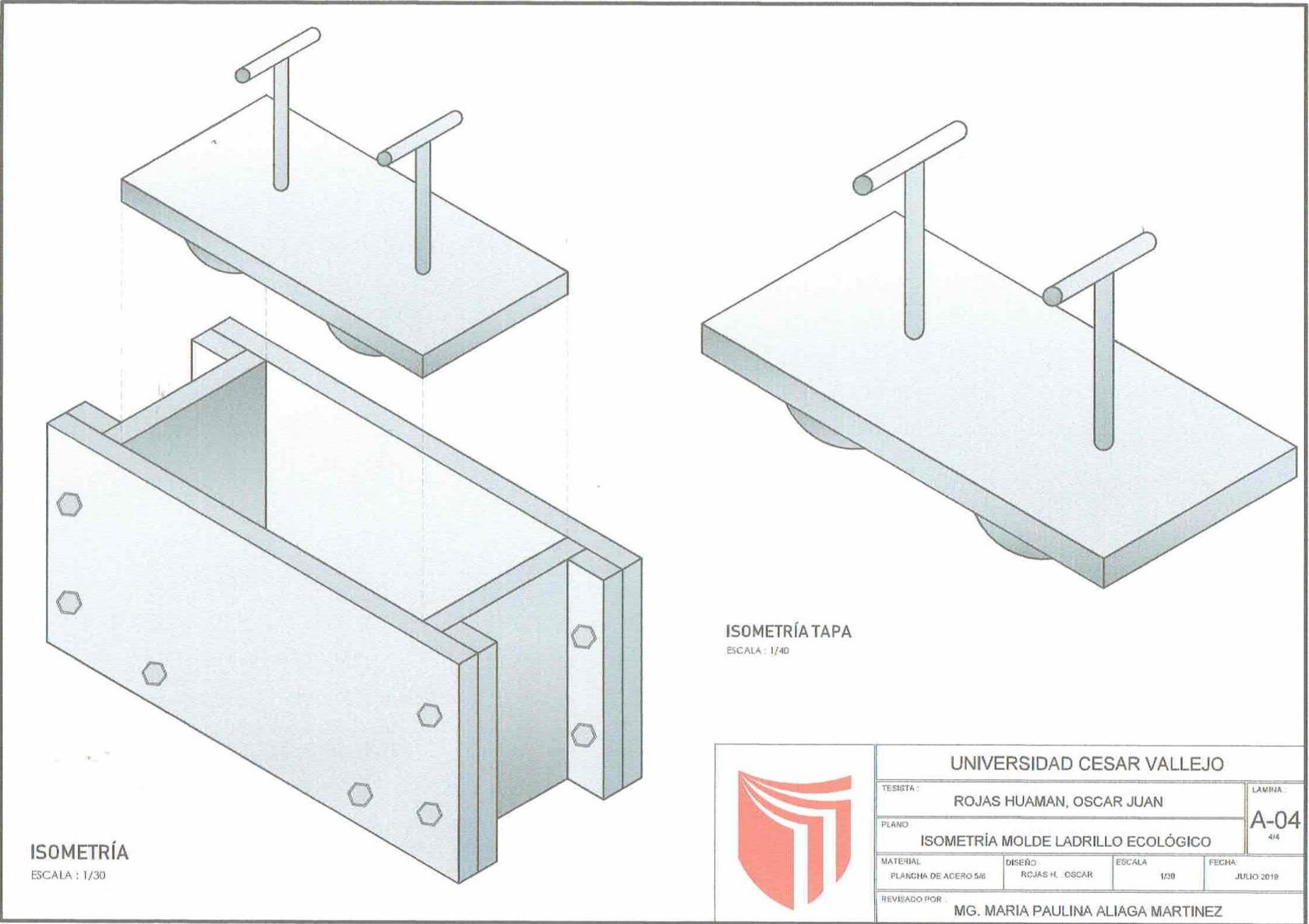


UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO			
TESISTA :		ROJAS HUAMAN, OSCAR JUAN	
PLANO:		ELEVACIÓN MOLDE LADRILLO ECOLÓGICO	
MATERIAL	DISEÑO	ESCALA	FECHA
PLANCHA DE ACERO 5/8	ROJAS H., OSCAR	1/60	JULIO 2018
REVISADO POR: MG. MARIA PAULINA ALIAGA MARTINEZ			
			LAMINA A-02 2/4



CORTE A - A
 ESCALA : 1/50

				UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO	
TESISTA -		ROJAS HUAMAN, OSCAR JUAN		LAMINA	
PLANO		CORTE A-A MOLDE LADRILLO ECOLÓGICO		A-03 3/4	
MATERIAL	DISEÑO	ESCALA	FECHA		
PLANCHA DE ACERO 5/8	ROJAS H., OSCAR	1/50	JULIO 2018		
REVISADO POR		MG. MARIA PAULINA ALIAGA MARTINEZ			



ISOMETRÍA
ESCALA : 1/30

ISOMETRÍA TAPA
ESCALA : 1/40

				UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO			
				TESISISTA : ROJAS HUAMAN, OSCAR JUAN		LAMINA : A-04 <small>4/4</small>	
ISOMETRÍA MOLDE LADRILLO ECOLÓGICO							
MATERIAL : PLANCHAS DE ACERO 5/8		DISEÑO : ROJAS H. OSCAR		ESCALA : 1/30	FECHA : JULIO 2019		
REVISADO POR : MG. MARIA PAULINA ALIAGA MARTINEZ							

ANEXO N° 11: Evidencia Fotográfica

PTAR ANCÓN - ZONA DE ACOPIO DE BIOSÓLIDOS RESIDUALES



RECOLECCIÓN DE MUESTRAS



HOMOGENEIZACIÓN DEL BIOSÓLIDO



TAMIZADO Y CLASIFICACIÓN DE LA MUESTRA



MEDICIÓN DE PARÁMETROS FÍSICOQUÍMICOS



MEDICIÓN DE PARÁMETROS MICROBIOLÓGICOS



TRATAMIENTO Y DOSIFICACIÓN DE LA MEZCLA PARA LADRILLOS



PREPARADO DE LA MEZCLA PARA LADRILLOS



PRENSADO Y DESMOLDADO DEL LADRILLO ECOLÓGICO



MEDICIÓN Y CLASIFICACIÓN DE LOS LADRILLOS ECOLÓGICOS



PESAJE Y CLASIFICACIÓN DE LOS LADRILLOS ECOLÓGICOS



ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE LOS LADRILLOS ECOLÓGICOS



ANEXO N° 12: Llenado de Instrumentos

Formato 1. Ficha de muestreo del biosólido.

		Elaboración de ladrillos ecológicos a través de biosólidos de (PTAR) Planta de tratamiento de aguas residuales domésticas, Ancón, 2019"			INSTRUMENTO N°1	
FICHA DE MUESTREO DEL BIOSÓLIDO						
DATOS GENERALES						
LUGAR DE ESTUDIO		Ancón (PTAR)		DEPARTAMENTO Y PROVINCIA		UMA
USO PRINCIPAL		Doméstico		DIRECCIÓN		Km. 46 Panamericana Norte
DATOS DEL MUESTREO						
AREA POBLACIONAL		6203.8m ²		COORDENADA POBLACIONAL		0263873/8699641
AREA DE MUESTRA		1686 m ²		HUMEDAD RELATIVA		75%
NOMBRE DE PUNTOS		P ₁ , P ₂ , P ₃ , P ₄ , P ₅		PRESIÓN		10126Pa
DATOS DE LA MUESTRA						
CÓDIGO	FECHA	HORA	COORDENADAS		CANTIDAD DE MUESTRA (Kg)	ALTIDUD
			ESTE	NORTE		
BPA-01	03/09/19	8:30am	263881	8699678	20Kg	29,5m
BPA-02	03/09/19	8:45am	263888	8699606	20kg	29,5m
BPA-03	03/09/19	8:58am	263865	8699604	20kg	29,5m
BPA-04	03/09/19	9:15am	263873	8699647	20kg	29,5m

Formato 2. Ficha de parámetros iniciales del biosólido.

		Elaboración de ladrillos ecológicos a través de biosólidos de (PTAR) Planta de tratamiento de aguas residuales domésticas, Ancón, 2019"						INSTRUMENTO N° 2	
FICHA DE PARÁMETROS INICIALES DEL BIOSÓLIDO/MEZCLA									
Parámetros físicos del biosólido									
CÓDIGO	Granulometría (malla mm)	Temperatura (C°)	Textura (%): Arenoso- Limoso- Arcilloso	Densidad relativa (g/cm³)	Humedad (%)	Sólidos volátiles (%)	Ceniza (%)	Carbón Fijo (%)	Poder Calorífico (Kcal/Kg)
Repeticiones									
BPTAR-A inicial	18	23	56.6	1.25	1.74	38.17	48.11	13.72	5678
BPTAR-B inicial	80	23	21.2	1.25	1.74	38.17	48.11	13.72	5678
BPTAR-C inicial	-100	23	21.3	1.25	1.74	38.17	48.11	13.72	5678
Parámetros químicos del biosólido									
CÓDIGO	pH			Potencial Rédox(mV)			Conductividad eléctrica (uS/cm)		
Repeticiones									
BPTAR-A inicial		6.75			100.7			7720	

Formato 3. Ficha de neutralización del biosólido.

		Elaboración de ladrillos ecológicos a través de biosólidos de (PTAR) Planta de tratamiento de aguas residuales domésticas, Ancón, 2019"				INSTRUMENTO N°3	
FICHA DE NEUTRALIZACIÓN DEL BIOSÓLIDO							
CALIDAD MICROBIOLÓGICA	Pre Tratamiento	pH de muestra	Dosis de Cal (g/L)	pH de muestra	Post Tratamiento	pH óptimo	
	Presencia	Inicial		Final	Presencia		
<i>Escherichia Coli</i>	Total	6.75	12g	12	10°	12-12.5	
<i>Salmonella typhi</i>	169866		12	12	10°		
Huevos de helminto	UFC/100ml		12	12	10°		
METALES PESADOS	Cantidad inicial		pH óptimo		Cantidad Final		
Plomo	75.5 mg/Kg		12-12.5		—		
Cadmio	0.7 mg/Kg				—		
Arsénico	15.8 mg/Kg				—		

Formato 4. Ficha de composición del ladrillo ecológico

 UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO		Elaboración de ladrillos ecológicos a través de biosólidos de (PTAR) Planta de tratamiento de aguas residuales domésticas, Ancón, 2019"				INSTRUMENTO N° 4	
FICHA DE COMPOSICIÓN DEL LADRILLO ECOLÓGICO							
Granulometría Malla N° 18							
CÓDIGO	Biosólido (g)	Sílice		Portland (g)	Total(g)	Agua (ml)	
Repeticiones		Fino (g)	grueso (g)				
Ladrillos al 25% de Biosólidos							
LEB18-01	900	1260	720	720	3600	500	
LEB18-02	900	1260	720	720	3600	500	
LEB18-03	900	1260	720	720	3600	500	
Ladrillos al 15% de Biosólidos							
LEB18-04	540	1440	900	720	3600	500	
LEB18-05	540	1440	900	720	3600	500	
LEB18-06	540	1440	900	720	3600	500	
Ladrillos al 10% de Biosólidos							
LEB18-07	360	1620	900	720	3600	500	
LEB18-08	360	1620	900	720	3600	500	
LEB18-09	360	1620	900	720	3600	500	
Granulometría Malla N° 80							
Ladrillos al 25% de Biosólidos							
LEB80-10	900	1260	720	720	3600	650	
LEB80-11	900	1260	720	720	3600	650	
LEB80-12	900	1260	720	720	3600	650	
Ladrillos al 25% de Biosólidos							
LEB80-13	540	1440	900	720	3600	650	
LEB80-14	540	1440	900	720	3600	650	
LEB80-15	540	1440	900	720	3600	650	
Ladrillos al 25% de Biosólidos							
LEB80-16	360	1620	900	720	3600	650	
LEB80-17	360	1620	900	720	3600	650	
LEB80-18	360	1620	900	720	3600	650	
Granulometría Malla N° -100							
Ladrillos al 25% de Biosólidos							
LEB-100-19	900	1260	720	720	3600	750	
LEB-100-20	900	1260	720	720	3600	750	
LEB-100-21	900	1260	720	720	3600	750	
Ladrillos al 25% de Biosólidos							
LEB-100-22	540	1440	900	720	3600	750	
LEB-100-23	540	1440	900	720	3600	750	
LEB-100-24	540	1440	900	720	3600	750	
Ladrillos al 25% de Biosólidos							
LEB-100-25	360	1620	900	720	3600	750	
LEB-100-26	360	1620	900	720	3600	750	
LEB-100-27	360	1620	900	720	3600	750	

Formato 5. Ficha de medición de parámetros fisicomecánicos de los ladrillos ecológicos

CÓDIGO		Dimensiones (cm)	Peso (g)	Volumen (cm ³)	Absorción (%)	Alabeo (mm)	Acabado	Densidad (g/cm ³)	Carga Máxima (Kg)	Resistencia a la compresión (Kg/cm ²)
Repeticiones										
FICHA DE MEDICIÓN DE PARÁMETROS FÍSICOMECAÑICOS DEL LADRILLO ECOLÓGICO Características físicas del ladrillo ecológico										
Granulometría Malla N° 18										
Ladrillos al 25% de Biosólidos										
LEB18-01		25.1 x 12.1 x 6.3	3859	1913.37	10.04	2.0		2.02	85775	282.4
LEB18-02		24.9 x 12.2 x 7	3884	2126.46		1.7		1.83	86875	286.0
LEB18-03		24.9 x 12 x 6.4	3879	1912.32		2.0		2.03	87770	293.7
Ladrillos al 15% de Biosólidos										
LEB18-04		25 x 12 x 7	3847	2100.00		2.0		1.83	85765	285.9
LEB18-05		25 x 12.1 x 6.4	3849	1936		1.0		1.99	87765	290.1
LEB18-06		25.1 x 12.2 x 6.3	3861	1929.29	9.78	2.0		2.00	84753	276.8
Ladrillos al 10% de Biosólidos										
LEB18-07		25.0 x 12.1 x 6.6	3867	1996.70		2.0		1.94	86745	286.8
LEB18-08		25.1 x 12 x 6.4	3860	1927.68		2.0		2.00	86755	288.0
LEB18-09		25.1 x 12.1 x 6.5	3923	1974.12	9.80	2.0		1.99	85776	283.4
Granulometría Malla N° 80										
Ladrillos al 25% de Biosólidos										
LEB80-10		25 x 12 x 6.3	3781	1890		1.7		2.00	74956	246.8
LEB80-11		25.1 x 12.1 x 6.5	3711	1974.12	4.93	2.0		1.98	74791	249.3
LEB80-12		25 x 12 x 6.4	3879	1920		1.7		2.02	75120	247.3
Ladrillos al 15% de Biosólidos										
LEB80-13		25.1 x 12.2 x 6.6	3882	2021.05		2.0		1.92	74123	247.1
LEB80-14		24.9 x 12.1 x 6.2	3876	1868	4.98	1.7		2.07	75231	247.7
LEB80-15		25.1 x 12 x 6.5	3929	1977.8		2.0		2.00	74792	248.3
Ladrillos al 10% de Biosólidos										
LEB80-16		25 x 12 x 6.3	3770	1890		1.5		1.99	73896	247.3
LEB80-17		25 x 12 x 6.5	3788	1950		2.0		1.94	74792	248.3
LEB80-18		25 x 12.1 x 6.4	3780	1936	4.71	2.0		2.06	74695	249.0



Elaboración de ladrillos ecológicos a través de biosólidos de (PTAR) Planta de tratamiento de aguas residuales domésticas, Ancón, 2019"

INSTRUMENTO N°
5

FICHA DE MEDICIÓN DE PARÁMETROS FÍSICOMECÁNICOS DEL LADRILLO ECOLÓGICO

Características físicas del ladrillo ecológico

Resistencia y confiabilidad estructural

Granulometría Malla N° -100

CÓDIGO	Dimensiones (cm)	Peso (g)	Volumen (cm ³)	Absorción (%)	Alabeo (mm)	Acabado	Densidad (g/cm ³)	Carga Máxima (Kg)	Resistencia a la compresión (Kg/cm ²)
Repeticiones									
Ladrillos al 25% de Biosólidos									
LEB-100-19	25x12x6.3	3388	1890	2.90	1.0		1.79	8046	26.8
LEB-100-20	25x12x6.3	3446	1890		1.0		1.82	8123	27.1
LEB100-21	25.1x12x6.2	3427	1867.47		1.0		1.84	7998	26.6
Ladrillos al 15% de Biosólidos									
LEB-100-22	25x12x6.4	3370	1920	2.77	1.0		1.76	8056	26.9
LEB-100-23	25.1x12x6.4	3385	1943.74		1.5		1.74	8008	26.4
LEB-100-24	25x12.1x6.3	3384	1905.75		1.0		1.78	7962	26.3
Ladrillos al 10% de Biosólidos									
LEB-100-25	25x12x6.7	3284	1830		1.0		1.79	8045	26.6
LEB-100-26	25x12x6.2	3353	1860	2.77	1.0		1.80	8046	26.8
LEB-100-27	25.2x12.1x6	3290	1815		1.0		1.81	8134	26.7