

Universidad Nacional  
**Federico Villarreal**

Vicerrectorado de  
**INVESTIGACION**

**FACULTAD DE INGENIERÍA GEOGRÁFICA, AMBIENTAL Y ECOTURISMO**

**“PROPUESTA METODOLÓGICA PARA EL LEVANTAMIENTO DE LÍNEA DE  
MÁS ALTA MAREA EMPLEANDO UN VEHÍCULO AÉREO NO TRIPULADO EN  
LA PLAYA CURAYACU – SAN BARTOLO - LIMA.”**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO GEÓGRAFO**

**AUTORA**

**WILLY ANDERSON CÓRDOVA PONTE**

**ASESOR**

**DR. CESAR JORGE ARGUEDAS MADRID**

**JURADO**

**ING. WALTER BENJAMIN ZUÑIGA DIAZ**

**MG. CARMEN LUZ VENTURA BARRERA**

**MG. GLADYS ROJAS LEÓN**

**ING. DANTE PEDRO SANCHEZ CARRERA**

**LIMA - PERU**

**2019**

## **DEDICATORIA**

A Dios por permitirme llegar hasta este momento tan importante de mi formación profesional.

A mis padres Grocio Córdova y Graciela Ponte; por su amor, trabajo y sacrificio en todos estos años. A mi hermana Gianina Córdova por ser mi ejemplo y guía.

A mi novia Adelia Sulca por su amor y comprensión.

A mis amigos y todas las personas que me han apoyado y han hecho que el trabajo se realice con éxito, en especial a aquellos que me abrieron las puertas y compartieron sus conocimientos.

## **AGRADECIMIENTO**

A la Universidad Nacional Federico Villarreal, cuyo equipo docente es parte importante de mi formación profesional, resumida en la elaboración del presente trabajo.

A mi asesor el Doc. César Jorge Arguedas Madrid, por compartir sus conocimientos y su gran apoyo en todo el tiempo dedicado para llevar a cabo esta investigación.

De igual manera agradecer a mis docentes informantes Ing. Gladys Rojas León, Mg. Carmen Ventura Barrera, Ing. Walter Zúñiga Díaz, Ing. Dante Sánchez Carrera; por compartir sus conocimientos, paciencia y dedicación.

## ÍNDICE

RESUMEN.....	xv
ABSTRACTS .....	xvii
<b>I. INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>1</b>
<b>1.1. DESCRIPCIÓN Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....</b>	<b>3</b>
1.1.1. Descripción del problema .....	3
1.1.2. Formulación del problema.....	4
1.1.2.1. Problema principal.....	4
1.1.2.2. Problemas secundarios.....	4
1.2. ANTECEDENTES .....	4
1.3. OBJETIVOS .....	9
1.3.1. Objetivo general.....	9
1.3.2. Objetivo específico.....	9
1.4. JUSTIFICACIÓN .....	9
1.4.1. Justificación.....	9
1.5. HIPÓTESIS .....	9
<b>II. MARCO TEÓRICO .....</b>	<b>11</b>
<b>2.1. BASES TEÓRICAS SOBRE EL TEMA DE INVESTIGACIÓN.....</b>	<b>11</b>
2.1.1. Geodesia .....	11
2.1.1.1. Definición .....	11
2.1.1.2. Sistema de Geodesia oficial .....	13

2.1.1.3. Red Geodesia Horizontal Oficial .....	13
2.1.1.4. Elipsoide Geodésico de Referencia .....	15
2.1.2. Topografía.....	16
2.1.2.1. Definición .....	16
2.1.2.2. Clases de errores .....	17
2.1.2.3. Escala .....	19
2.1.3. Mareas.....	21
2.1.3.1. Definición .....	21
2.1.3.2. El ciclo de la marea .....	22
2.1.3.3. Mareas vivas, mareas muertas.....	24
2.1.3.4. Mareógrafo .....	26
2.1.3.5. Nivelación y vinculación de las mediciones de mareas .....	28
2.1.3.6. Planos de referencia mareográficos .....	30
2.1.3.7. Amplitud de la marea .....	33
2.1.4. Fotogrametría.....	34
2.1.4.1. Concepto .....	34
2.1.4.2. Divisiones de la Fotogrametría .....	36
2.1.4.3. Elementos fundamentales en fotogrametría.....	38
2.1.4.4. Ventajas y desventajas de la Fotogrametría respecto a la topografía clásica.....	41
2.1.4.5. La medición en el proceso fotogramétrico digital.....	41
2.1.5. Imagen fotográfica digital .....	42

2.1.5.1. Concepto .....	42
2.1.5.2. Características de la imagen digital .....	44
2.1.5.3. Pixeles.....	46
2.1.5.4. Imagen Vectorial.....	48
2.1.5.5. Imágenes Raw.....	49
2.1.5.6. Imágenes DGN .....	50
2.1.5.7. Imágenes JPG.....	50
2.1.6. Vehículos Aéreos No Tripulados.....	51
2.1.6.1. Concepto .....	51
2.1.6.2. La revolución de los Drones .....	53
2.1.6.3. Clasificación de los UAV .....	54
2.1.6.4. Aplicaciones .....	56
2.1.6.5. Desafíos .....	56
2.1.7. Definición y términos Básicos .....	57
2.1.8. Siglas y Acronicos .....	64
<b>III. MÉTODOS .....</b>	<b>65</b>
<b>3.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN.....</b>	<b>65</b>
<b>3.2. NIVEL DE LA INVESTIGACIÓN .....</b>	<b>65</b>
<b>3.3. ÁMBITO TEMPORAL Y ESPACIAL .....</b>	<b>66</b>
<b>3.3.1. Descripción del área de estudio.....</b>	<b>66</b>
<b>3.3.1.1. Ubicación Geográfica.....</b>	<b>66</b>

3.2.1.2. Descripción morfológica del área de estudio .....	67
3.2.1.3. Vías de acceso .....	68
3.2.1.4. Límites.....	70
3.4. ASPECTO FÍSICO .....	71
3.4.1. Clima .....	71
3.4.2. Temperatura.....	71
3.4.3. Viento .....	74
3.4.4. Topografía.....	76
3.5. VARIABLES .....	76
3.5.1. Variable Independientes.....	76
3.5.2. Variable Dependiente.....	77
3.6. POBLACIÓN Y MUESTRA.....	77
3.6.1. Población.....	77
3.6.2. Muestra .....	77
3.7. INSTRUMENTOS .....	77
3.7.1. Materiales.....	77
3.7.2. Equipos .....	78
3.7.3. Personal.....	84
3.7.4. Sofwares utilizados.....	85
3.8. PROCEDIMIENTOS .....	88
3.8.1. Levantamiento de la línea de más alta marea empleando el método tradicional.....	89

3.8.1.1. Levantamiento Geodésico. ....	89
3.8.1.2. Determinación del nivel de marea .....	90
3.8.1.3. Levantamiento Topográfico .....	90
3.8.1.4. Trabajo de gabinete .....	91
3.8.2. Levantamiento de la línea de más alta marea empleando el método propuesto	93
3.8.2.1. Levantamiento Geodésico. ....	93
3.8.2.2. Determinación del nivel de marea .....	94
3.8.2.3. Levantamiento Fotogramétrico .....	95
3.8.2.4. Trabajo de gabinete .....	98
3.9. ANÁLISIS DE DATOS.....	108
<b>IV. RESULTADOS .....</b>	<b>109</b>
<b>4.1. LEVANTAMIENTO TRADICIONAL.....</b>	<b>109</b>
4.1.1. Levantamiento Geodésico.....	109
4.1.2. Nivel de Marea.....	110
4.1.3. Levantamiento Topográfico .....	114
4.1.4. Costo por levantamiento de LAM .....	116
<b>4.2. METODOLOGÍA PROPUESTA .....</b>	<b>117</b>
4.2.1. Levantamiento Geodésico.....	117
4.2.2. Nivel de Marea.....	119
4.2.3. Determinación de la línea de alta marera (LAM) .....	123
4.2.4. Levantamiento Fotogramétrico .....	124



4.2.4.1. Costo por levantamiento de LAM .....	130
4.2.4.2. Comparación de resultados de la metodología tradicional con la metodología propuesta.....	132
4.2.4.3. Comparación de precisión espacial .....	132
4.3. ANÁLISIS DE COMPARACIÓN DE COSTOS .....	136
4.4. ANÁLISIS DE COMPARACIÓN DE CRONOGRAMA .....	137
V. DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	139
VI. CONCLUSIONES .....	141
VII. RECOMENDACIONES .....	143
VII. REFERENCIAS .....	144
IX. ANEXOS .....	149

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1 Tamaño mínimo y elementos detectado con un instrumento de restitución .....</b>	<b>39</b>
<b>Tabla 2. Profundidad de color .....</b>	<b>46</b>
<b>Tabla 3. Imagen JPG .....</b>	<b>50</b>
<b>Tabla 4. Vehículos aéreos no tripulados .....</b>	<b>52</b>
<b>Tabla 5. Clasificación de los UAV por sus capacidades de vuelo .....</b>	<b>55</b>
<b>Tabla 6 Vias locales del distrito de San Bartolo.....</b>	<b>69</b>
<b>Tabla 7 Variable Independiente .....</b>	<b>76</b>
<b>Tabla 8 Variable Dependiente .....</b>	<b>77</b>
<b>Tabla 9 Software utilizados.....</b>	<b>85</b>
<b>Tabla 10 Levantamiento con GPS de acuerdo a su clasificación .....</b>	<b>109</b>
<b>Tabla 11 Tabla de lista de puntos procesados .....</b>	<b>110</b>
<b>Tabla 12 Informe de Procesamiento de líneas base .....</b>	<b>110</b>
<b>Tabla 13 Ajuste de Control Vertical .....</b>	<b>113</b>
<b>Tabla 14 Costo del personal del método directo .....</b>	<b>116</b>
<b>Tabla 15 Costo de los Equipos método directo .....</b>	<b>116</b>
<b>Tabla 16 Costo de los Materiales método directo .....</b>	<b>116</b>
<b>Tabla 17 Costo de Transporte método directo.....</b>	<b>117</b>
<b>Tabla 18 Costo de la Habitabilidad método directo .....</b>	<b>117</b>
<b>Tabla 19 Levantamiento con GPS de acuerdo a su clasificación .....</b>	<b>118</b>
<b>Tabla 20 Tabla de lista de puntos procesados .....</b>	<b>119</b>
<b>Tabla 21 Informe de Procesamiento de líneas base .....</b>	<b>119</b>
<b>Tabla 22 Ajuste de Control Vertical .....</b>	<b>122</b>
<b>Tabla 23 Costo del personal método indirecto.....</b>	<b>130</b>
<b>Tabla 24 Costo de los equipos método indirecto .....</b>	<b>130</b>

<b>Tabla 25 Costo de los materiales método indirecto .....</b>	<b>131</b>
<b>Tabla 26 Costo del transporte método indirecto.....</b>	<b>131</b>
<b>Tabla 27 Costo de la habitabilidad método indirecto.....</b>	<b>131</b>
<b>Tabla 28 Coordenadas de los puntos de control (Sin corrección) .....</b>	<b>132</b>
<b>Tabla 29 Coordenadas de los puntos de control (Corregidos).....</b>	<b>134</b>

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1. Escala matemática .....</b>	<b>19</b>
<b>Figura 2. Escala Gráfica.....</b>	<b>20</b>
<b>Figura 3. La marea .....</b>	<b>22</b>
<b>Figura 4. El ciclo de la Marea .....</b>	<b>23</b>
<b>Figura 5. Mareas Vivas y muertas.....</b>	<b>26</b>
<b>Figura 6 Tipos de mareógrafos: flotador, presión y radar .....</b>	<b>27</b>
<b>Figura 7. Esquema de ubicación de una Red de BMs de una Estación Mareográfica. ...</b>	<b>29</b>
<b>Figura 8. Esquema de nivelación de la Red de BMs.....</b>	<b>30</b>
<b>Figura 9. Esquema representativo de los niveles de referencia mareográficos.....</b>	<b>32</b>
<b>Figura 10. Registro mareográfico de 3 días, donde se puede apreciar las principales características de las mareas del litoral peruano .....</b>	<b>34</b>
<b>Figura 11. Restituidor Analógico .....</b>	<b>37</b>
<b>Figura 12. Restituidor Analítico .....</b>	<b>37</b>
<b>Figura 13. Restituidor Digital .....</b>	<b>38</b>
<b>Figura 14. Relación entre la escala de la fotografía y de la cartografía.....</b>	<b>39</b>
<b>Figura 15 Relación entre escala fotográfica y altura de vuelo.....</b>	<b>40</b>
<b>Figura 16. Altitud de Vuelo sobre el nivel del mar .....</b>	<b>40</b>
<b>Figura 17. Imagen Digital.....</b>	<b>43</b>

<b>Figura 18. Imagen Digital en RGB.....</b>	<b>44</b>
<b>Figura 19. GSD.....</b>	<b>45</b>
<b>Figura 20. Tamaño de Imagen 100 x67.....</b>	<b>46</b>
<b>Figura 21. Tamaño de Imagen 497x334.....</b>	<b>47</b>
<b>Figura 22. Calidad de imagen con menor número de píxeles.....</b>	<b>47</b>
<b>Figura 23. UAVs de (a) Ala fija y (b) Hélice.....</b>	<b>51</b>
<b>Figura 24. Clasificación de UAVs por el tipo de Aeronave y Despegue del equipo.....</b>	<b>54</b>
<b>Figura 25. Aplicaciones UAV.....</b>	<b>56</b>
<b>Figura 26 Ubicación.....</b>	<b>66</b>
<b>Figura 27 Limites distritales.....</b>	<b>70</b>
<b>Figura 28 Temperatura máxima y mínima promedio.....</b>	<b>72</b>
<b>Figura 29 Categorías de nubosidad.....</b>	<b>73</b>
<b>Figura 30 Horas de Luz natural y crepusculo.....</b>	<b>74</b>
<b>Figura 31 Velocidad promedio del viento.....</b>	<b>75</b>
<b>Figura 32 Dirección del viento.....</b>	<b>75</b>
<b>Figura 33 Estación Total Leica TCR 403.....</b>	<b>78</b>
<b>Figura 34 GPS Geodésicos Marca Topcon Modelo HIPER II.....</b>	<b>79</b>
<b>Figura 35 Trípode de Madera Leica GST40.....</b>	<b>80</b>
<b>Figura 36 Wincha Marca STANLEY.....</b>	<b>81</b>
<b>Figura 37 Prisma de auscultación GPR 112.....</b>	<b>81</b>
<b>Figura 38 Bastón Telescópico – GLS11.....</b>	<b>82</b>
<b>Figura 39 Radio motorola T400.....</b>	<b>82</b>
<b>Figura 40 Cámara digital LUMIX DMC- SZ10.....</b>	<b>83</b>
<b>Figura 41 Drone RPAS Phantom 4 Pro.....</b>	<b>84</b>
<b>Figura 42 Desarrollo del procedimiento.....</b>	<b>88</b>

<b>Figura 43 Double Grid Mission .....</b>	<b>95</b>
<b>Figura 44 Selección del área de interés .....</b>	<b>96</b>
<b>Figura 45 Configuración de la UAV.....</b>	<b>97</b>
<b>Figura 46 Añadir fotos.....</b>	<b>99</b>
<b>Figura 47 Orientación de Fotos .....</b>	<b>100</b>
<b>Figura 48 Crear puntos de nubes densa .....</b>	<b>102</b>
<b>Figura 49 Georreferenciar imagen.....</b>	<b>103</b>
<b>Figura 50 Crear Malla.....</b>	<b>104</b>
<b>Figura 51 Crear textura .....</b>	<b>105</b>
<b>Figura 52 Crear Ortomosaico.....</b>	<b>106</b>
<b>Figura 53 Generar curvas de nivel.....</b>	<b>106</b>
<b>Figura 54 Exportar ortomosaico .....</b>	<b>108</b>
<b>Figura 55 Datum o cota de la Línea de Mas Alta Marea .....</b>	<b>111</b>
<b>Figura 56 Mareograma del puerto del callao .....</b>	<b>112</b>
<b>Figura 57 Tiempo del levantamiento de información con el método Tradicional .....</b>	<b>115</b>
<b>Figura 58 Datum o cota de la Línea de Mas Alta Marea .....</b>	<b>120</b>
<b>Figura 59 Mareograma del puerto del callao .....</b>	<b>121</b>
<b>Figura 60 Posición de cámaras y solapamiento de imágenes.....</b>	<b>125</b>
<b>Figura 61 Modelo digital de elevaciones.....</b>	<b>126</b>
<b>Figura 62 Parámetros de procesamiento .....</b>	<b>128</b>
<b>Figura 63 Tiempo del levantamiento de información mediante el UAV (Indirecto).....</b>	<b>129</b>
<b>Figura 64 Comparación de gastos .....</b>	<b>136</b>
<b>Figura 65 Comparación de Tiempo.....</b>	<b>137</b>

## ÍNDICE DE MAPAS

**Mapa 1 Ubicación de la playa Curayacu – San Bartolo – Lima.....** ;Error! Marcador no definido.

**Mapa 2 Línea de Más alta Marea.....** ;Error! Marcador no definido.

**Mapa 3 Puntos de Validación .....** ;Error! Marcador no definido.

**Plano 4 Plano de Determinación de LAM .....** ;Error! Marcador no definido.

## RESUMEN

La presente investigación fue desarrollada frente a la necesidad de determinar la línea de más alta marea empleando una propuesta metodológica que resulte ser más eficiente y sin perder la precisión espacial requerida; la hipótesis se basa en reemplazar el levantamiento topográfico directo mediante una estación total por un levantamiento topográfico indirecto, mediante un Vehículo Aéreo no Tripulado – UAV; por ello se tomó como muestra la playa Curayacu, ubicada en el distrito de San Bartolo – Lima - Lima.

El levantamiento de la línea de más alta marea tradicional se fundamenta en las ciencias de la topografía, geodesia y oceanografía; puesto que la línea de más alta marea resulta ser una curva de nivel generada a partir de coordenadas arbitrarias levantadas y corregidas por la geodesia; del mismo modo, las alturas son corregidas tomando como referencia las mareas contempladas en la ciencia de la oceanografía.

La información de mareas fue obtenida de la Tabla del Mareas para el Puerto del Callao, elaborada por la Dirección de Hidrografía y Navegación de la Marina de Guerra del Perú. El puerto del Callao es la zona más cercana al área de estudio encontrándose aproximadamente a 50 km. de distancia de la playa Curayacu – San Bartolo - Lima. El valor de la cota para la línea de más Alta Marea (LAM) en el área de estudio es de 1.45 metros respecto al nivel medio de bajamares y sicigias ordinarias. Las mareas que se presentan en la zona de estudio son predominantes del tipo mixta preponderantemente semidiurna, es decir dos pleamares y dos bajamares durante un día marea) (24 horas 50 minutos).

Se efectuó un reconocimiento previo de la playa y área adyacente para conocer las características geomorfológicas del lugar, ubicación de los puntos de apoyo geodésico necesarios para el establecimiento de la Línea de Mas Alta Marea (LAM) y posterior

materialización mediante la señalización de los hitos, los que corresponden al Norte y Sur de la línea de hasta 50 metros paralela a la LAM. Se realizaron observaciones y mediciones de nivel medio del mar con una regla referida a un “cero” arbitrario durante un rango de marea, a fin de comparar la amplitud y hora de marea observada y la pronosticada, estableciéndose diferencia no significativa.

**Palabra Clave:** Línea de más alta marea, nivel medio de bajamares y sicigias ordinarias, Tabla de Mareas, vehículo aéreo no tripulado, rango de marea, pleamares y geomorfología.



## ABSTRACTS

The present investigation was developed against the need to determine the highest tide line using a methodological proposal that turns out to be more efficient and without losing the required spatial precision; the hypothesis is based on replacing the direct topographic survey by means of a total station by an indirect topographic survey, by means of an Unmanned Aerial Vehicle - UAV; Therefore, the Curayacu beach, located in the district of San Bartolo - Lima - Lima, was taken as a sample.

The lifting of the highest traditional tide line is based on the sciences of topography, geodesy and oceanography; since the highest tide line turns out to be a level curve generated from arbitrary coordinates raised and corrected by geodesy; in the same way, heights are corrected taking as reference the tides contemplated in the science of oceanography.

The tide information was obtained from the Tides Table of the Callao's port, published by the Directorate of Hydrography and Navigation of the Peru's Navy. The Callao port is the nearest to the study area, being approximately 50 km. away from Curayacu beach - San Bartolo - Lima. The High Tide Line (LAM), in the study area, is 1.45 meters compared to the average level of low water and ordinary sicigias. The tides that occur in the study area are predominantly mixed, preponderantly semidiurnal, that is to say two high tides and two low tides during a tide day (24 hours 50 minutes).

A previous reconnaissance of the beach and adjacent area was made, to know the geomorphological characteristics of the place and location of the horizontal control points, necessary for the establishment of the High Tide Line (LAM) and subsequent landmarks, those corresponding to the North and South of the line of up to 50 meters parallel to the LAM. Observations and measurements of tide level were made with a rule referring to an arbitrary

"zero" during a tidal range, in order to compare the amplitude and hour of tide observed and predicted, establishing a non-significant difference.

**Keyword:** Highest tide line, average level of low water and ordinary syzygies, Tide Table, unmanned aerial vehicle, tidal range, high tides and geomorphologic.

## I. INTRODUCCIÓN

La presente investigación tiene como principal propósito de evaluar la eficiencia, costo y precisión de un levantamiento de la Línea de Más Alta Marea mediante un vehículo aéreo no tripulado en la playa Curayacu – San Bartolo - Lima. Las zonas de playa cuentan con una Línea de Más Alta Marea – LAM sobre la cual se conoce su valor de cota establecido de acuerdo al registro de mareogramas instalados en cada puerto, mismos valores que se encuentran publicados por la Dirección de Hidrografía y Navegación – DHN; no obstante, no es conocido in situ la delimitación de la LAM debido a que el proceso tradicional demanda tiempo y costo tanto en las brigadas como en equipos.

El datum o cota de Línea de Más Alta Marea, está referida al Nivel Medio de Bajamares de Sicigias Ordinarias (NMBSO), cuyos valores han sido calculados en base a la data histórica de las Estaciones Mareográficas de la Dirección de Hidrografía y Navegación instalados a lo largo de nuestra costa, dicha información incluye un ciclo nodal lunar (19 años).

Es a partir de la Línea de Más Alta Marea que establecen los límites jurisdiccionales entre la Autoridad Marítima nacional y los administrados colindantes a la franja ribereña, los cuales pueden ser: la Superintendencia de Bienes Nacionales, Gobiernos Regionales, Gobiernos Locales o Terceros propietarios.

En la presente investigación se desarrolla los siguientes problemas: ¿Es el levantamiento de Línea de Más Alta Marea con UAV una metodología factible?, ¿La metodología propuesta demandaría un menor costo y tiempo en la determinación de Línea de Más Alta Marea? y ¿La metodología propuesta no disminuye la precisión espacial en la determinación de Línea de Más Alta Marea?, así como también los objetivos: Evaluar la eficiencia, costo y precisión de un levantamiento de la Línea de Más Alta Marea mediante un vehículo aéreo no tripulado en la playa Curayacu – San Bartolo – Lima como una propuesta

metodológica, Determinar costo y tiempo que implica la determinación de Línea de Más Alta Marea empleando un vehículo aéreo no tripulado y Determinar el nivel de precisión espacial obtenida de la determinación de Línea de Más Alta Marea mediante un vehículo aéreo no tripulado.

En el Capítulo 1: Se establece los aspectos metodológicos, como los antecedentes, el planteamiento del problema, los objetivos, la definición de las variables, la justificación y la importancia de desarrollar y proponer una metodología que resulte encontrarse dentro del alcance de precisión y a su vez ser eficiente tanto en costos como en tiempo.

En el Capítulo 2: Se especificó el marco teórico, donde se define las variables independiente y dependiente, como las bases teóricas de la Geodesia, Topografía, Oceanografía, Fotogrametría, Imagen fotográfica digital y vehículos aéreos no tripulados; los cuales son esenciales comprender y conocer a fin de validar la propuesta metodológica.

En el capítulo 3: Se desarrolla lo concerniente de los equipos, materiales, software utilizados, métodos y procedimientos ejecutados en ambos métodos, tradicional y propuesto, para posteriormente poder validar y comparar los resultados y respaldar la hipótesis como aceptable.

En el Capítulo 4: Se describe y analizan los resultados obtenidos en cada etapa del procedimiento descrito, para la línea de más alta marea obtenida, tanto para el método tradicional como el método propuesto.

En el capítulo 5: Se discuten los de resultados de como evaluar la eficiencia, costo y precisión de un levantamiento de la Línea de Más Alta Marea mediante un vehículo aéreo no tripulado en la playa Curayacu – San Bartolo – Lima.

En el capítulo 6: Se establecen las conclusiones del análisis efectuado a ambos métodos, y se determina la factibilidad de la propuesta metodológica para el levantamiento de línea de más alta marea.

En el capítulo 7: Se señalan las referencias que brindaron conceptos y conocimientos positivos a la presente investigación referida al levantamiento de la línea de más alta marea.

## **1.1. DESCRIPCIÓN Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA**

### **1.1.1. Descripción del problema**

A nivel internacional, la línea de más alta marea es reconocida y aplicada para la determinación jurisdiccional del territorio marítimo, tal es el caso de Chile, el cual según el artículo 594 del Código Civil define Playa del Mar como “La extensión de tierra que las olas bañan y desocupan alternativamente hasta donde llegan en las más altas mareas”. Por otra parte, el artículo 1°, N° 30, del Decreto Supremo N° 002, de 03 de enero de 2005, establece como playa de mar como: “Extensión de tierra que las olas bañan y desocupan alternativamente hasta donde llegan en las más altas mareas”. Por tanto, es el Servicio Hidrografico y Oceanográfico de la Armada – SHOA, mediante su publicación SHOA PUB.3104 4° Edición 2009 con actualización 12 de agosto del 2015, la cual establece “Instrucciones para la Determinación de la Playa y Terreno de Playa en la Costa del Litoral y en la Ribera de Lagos y Ríos”.

Por otra parte, Colombia según el Decreto Ley 2324 de 1984, es la Dirección General Marítima – DIMAR, la encargada de velar y determinar la jurisdicción marítima de Colombia, por tanto, establecen una serie de parámetros dentro de los cuales según su publicación “Determinación de la Jurisdicción de DIMAR” de fecha lunes, 03 de octubre del 2005 – actualizado el jueves 17 de marzo del 2011, reconoce como uno de los parámetros a la “Línea de más alta marea”

En el territorio nacional del Perú, las zonas de playa cuentan con una Línea de Más Alta Marea – LAM sobre la cual se conoce su valor de cota establecido de acuerdo al registro de mareogramas instalados en cada puerto, mismos valores que se encuentran publicados por la Dirección de Hidrografía y Navegación – DHN; no obstante, no es conocido in situ la delimitación de la LAM debido a que el proceso tradicional demanda tiempo y costo tanto en las brigadas como en equipos.

## **1.1.2. Formulación del problema**

### **1.1.2.1. Problema principal**

- ¿La determinación de Línea de Más Alta Marea empleando un Vehículo Aéreo no Tripulado podrá ser una propuesta metodológica?

### **1.1.2.2. Problemas secundarios**

- ¿La propuesta metodológica demandaría un menor costo y tiempo en contraste con el método tradicional?
- ¿La propuesta metodológica no disminuye la precisión espacial en contraste con el método tradicional?

## **1.2. ANTECEDENTES**

En el trabajo se tiene como antecedentes, las presentes investigaciones:

Vásquez J. y Backhoff M. Desarrollaron su trabajo de investigación en el Instituto Mexicano del Transporte, titulado “Procesamiento geo- informático de datos generales mediante drones para la gestión de infraestructura del Transporte”, en el presente estudio se revisan aspectos acerca de los drones, los sensores y los datos que se generan a través de su uso. También se mencionan cuáles son los aspectos necesarios para poder aplicar esta tecnología. Se realiza un acercamiento a varios programas que actualmente se utilizan para el proceso de los datos levantados en campo mediante un dron y se muestra el uso del software

más utilizado para tal fin. Se muestran visores de datos con funciones básicas y software especializado en el proceso de datos. En primer lugar, conviene indicar que es más relevante el sensor utilizado que el dron seleccionado para hacer el levantamiento, así como tener una idea clara y objetivos bien definidos sobre lo que se pretende obtener con las fotografías tomadas, así como con los productos resultantes de procesarlas

Sani; J. En su trabajo de titulación en la Universidad de las Fuerzas Armadas, titulado “Vehículos aéreos no tripulados UAV para la elaboración de cartografía escalas grandes referidas al marco de referencia sirgas – Ecuador” que cuenta con el objetivo de generar y validar información espacial para ortofotos y Modelo Digital de Superficie (MDS) a escalas grandes obtenidos mediante UAVs, enlazadas al marco de referencia nacional. En lo que después se concluye, que el análisis y validación de los mosaicos ortorectificados, resultantes de la toma de fotografía aérea con el UAV de la marca TRIMBLE modelo UX5, se obtuvo imágenes ajustadas al marco de referencia SIRGAS-ECUADOR época 2014.0, capaces de generar cartografía en escalas grandes. La escala de trabajo máxima para el mosaico ajustado automáticamente es 1/6000; pues en la validación se observó una precisión media en las componentes de la coordenada Este de 0,605 m y Norte de 0,593 m y una distancia entre la posición real de cada punto y la obtenida sobre el mosaico de 0,933 m cumpliendo la tolerancia de 1,2 m que exige la normativa.

Paolini J. (2013) En su trabajo de titulación en la Universidad Politécnica de Catalunya, titulado “Una propuesta metodológica para la modelación y prospección de la sostenibilidad de las cuencas hidrográficas en la Guayana Venezolana”, se realizó una investigación que tiene como objetivo realizar un estudio sistémico para la modelación y prospección de la sostenibilidad en cuencas hidrográficas de la Guayana Venezolana. Cuando se desea determinar la sostenibilidad en un sistema socio-ecológico se han de buscar los investigadores que apoyados en las disciplinas y en las relaciones interdisciplinarias describan y analicen los

aspectos que dan cuenta de la sostenibilidad en tales sistemas. Las disciplinas proveen de conceptos, hipótesis y observables para cualificar/cuantificar la sostenibilidad.

Una red conceptual es un constructo que organiza y articula de modo coherente y concílienne los elementos que nos permiten observar la sostenibilidad. La riqueza de elementos conceptuales y observables que se integre a la red conceptual dependerá de la ‘capacidad sistémica’ y ‘sensibilidad teórica’ que posea el equipo de investigadores. Estas habilidades permitirán la detección de las diversas facetas que presente la situación que se ha de analizar y modelizar.

Por otro lado, Martínez J. (2013) En su trabajo de titulación en la Universidad de Cantabria, titulada “Evolución de la Línea de Costa a partir del equilibrio dinámico del perfil de playa”, donde se realizó la investigación con el objetivo general de desarrollar un modelo de evolución de la línea de costa debido al transporte transversal de sedimentos a lo largo del perfil, tendente al equilibrio y aplicable al medio plazo que permita, por un lado, evaluar los movimientos de la línea de costa minimizando el número de parámetros libres del modelo y, por otro lado, que permita desarrollar los conceptos de memoria de la playa y de energía del oleaje precedente ponderada, asociados a procesos transversales de transporte de sedimentos a lo largo del perfil de playa. En la presente tesis se ha obtenido esta correlación analíticamente,  $m0b=F(x\infty)$ , mediante la denominada curva de energía de equilibrio de la playa, cuya forma se ha determinado mediante relaciones analíticas de la misma con las características físicas de la playa que permanecen constantes aún bajo oleaje cambiante (invariantes del perfil de playa), a través de un modelo estático de perfil de equilibrio basado en el perfil bipolarabólico de Bernabeu (1999).

La investigación realizada por Tacca H. (2009) en la Universidad Nacional del Altiplano que tiene como título su presente investigación “Comparación de Resultados obtenidos de un levantamiento topográfico utilizando la fotogrametría con Drones al Método



Tradicional”, que tiene como objetivo Comparar los resultados del método drone y del software Pix4D Mapper, y el método directo, y también Determinar si las mediciones obtenidas a través de tomas aerofotográficas son similares a los obtenidos con una estación total, tanto en campo como en gabinete, en la costanera Callao – Lima. Los datos obtenidos en campo tomados con el drone Phantom 2 Visión + y las medidas obtenidas con la estación total, ambos equipos georreferenciados, tienen resultados muy similares, sin embargo, el primer método es el menos costoso por su versatilidad esto con un 95% de confianza. - Los cálculos de volúmenes y excavaciones con el uso de la fotogrametría y el drone Phantom 2 Visión +, se realiza en menor tiempo que con la estación total, además se requiere mucho menos personal que el método clásico. - Los costos realizados con el método indirecto es menor en comparación del método tradicional que es el uso de la estación total en la toma general de datos.

Coello A. y Ballesteros G. (2016) en su investigación realizada en la Universidad politécnica de Madrid, que tiene como título “Fotogrametría de UAV de ala fija y comparación con topografía clásica” cuenta con el objetivo de este proyecto es realizar un estudio comparativo utilizando dos procedimientos diferentes para la obtención de mapas y modelos digitales del terreno. Por un lado, realizando un levantamiento de una zona determinada mediante GPS y por otro lado mediante fotogrametría aérea utilizando un vehículo aéreo no tripulado. Lo cual se concluye, desde el punto de vista de la fotogrametría, encontramos en los vehículos aéreos no tripulados una nueva solución para la captura de imágenes aéreas y generación de productos topográficos. La ampliación de su uso en aplicaciones civiles, la integración de los mismos o la puesta en marcha de aplicaciones y basadas en su uso sigue en pleno desarrollo. Uno de los inconvenientes que encontramos en el uso de los UAS es la estructura legal que no ha alcanzado a la tecnología, ya que sigue a la espera de una legislación que regule su uso que se encontraba en un marco de ilegalidad cuando se realizó el proyecto. A día de hoy se ha regularizado de forma significativa, aunque todavía quedan aspectos por

legislar. Durante la realización de este Proyecto Fin de Carrera, encontramos en el UX5 una potente herramienta para la realización de un levantamiento topográfico, así como para la generación de los productos obtenidos derivados de la fotogrametría como las ortofotos, sin necesidad de tener grandes conocimientos en el uso de los vehículos aéreos no tripulados y su correspondiente software.

Long, Millescamps, Guillot, Pouget y Bertin (2016) en su Artículo titulado “Monitoring the Topography of a Dynamic Tidal Inlet Using UAV Imagery”, En las actividades, los ambientes costeros pueden exhibir rápidos cambios morfológicos. Para mejorar el conocimiento acerca de estos procesos, un primer paso es realizar levantamientos topográficos repetitivos. En particular, La morfología de los pequeños estuarios y entradas se desarrolla muy rápidamente y puede cambiar drásticamente dentro de solo varias semanas, Por lo tanto, a menudo se requieren datos precisos con una alta frecuencia temporal y varias soluciones han surgido en la última década. Las imágenes de satélite se utilizaron para delinear formas costeras y para demostrar sus cambios temporales [5–8]. Modelos Digitales de Superficie (DSM). También se puede generar a partir de imágenes triestereas, como se logró recientemente con las imágenes de Pleiades. La detección de luz y el rango (LiDAR) y la exploración láser terrestre (TLS) permiten la generación de DSM precisos en áreas costeras con una resolución espacial comparable. Sin embargo, la disponibilidad de las imágenes de satélite no están garantizadas en condiciones climáticas adversas, mientras que el alto costo de LiDAR y la adquisición de TLS puede limitar el número de campañas.

### **1.3. OBJETIVOS**

#### **1.3.1. Objetivo general**

- Evaluar el levantamiento de la Línea de Más Alta Marea mediante un vehículo aéreo no tripulado en la playa Curayacu – San Bartolo – Lima, como una propuesta metodológica.

#### **1.3.2. Objetivo específico**

- Comparar costo y tiempo que implica la determinación de Línea de Más Alta Marea entre el método tradicional y el método propuesto.
- Comparar el nivel de precisión espacial obtenido del método tradicional y el método propuesto.

### **1.4. JUSTIFICACIÓN**

#### **1.4.1. Justificación**

A lo largo del litoral peruano, la gran mayoría de playas no cuentan con determinación de la Línea de Mas Alta Marea, motivo por el cual no es posible desarrollar una administración del territorio entre las autoridades competentes, así como los terceros propietarios de los predios colindantes a la franja ribereña.

La importancia será directa para las instituciones públicas las cuales podrán llevar a cabo una mejor gestión del territorio; así también, el sector privado se verá beneficiado desde el punto de vista administrativo y económico, ya que tendrán conocimiento de los límites jurisdiccionales, así como de la institución a la que deben dirigir sus trámites administrativos y/o legales.

### **1.5. HIPÓTESIS**

Levantamiento de información mediante un vehículo aéreo no tripulado, resultará ser una metodología más eficiente, requerirá de un menor costo y tiempo; así también, el rango de

precisión espacial no se verá afectado en comparación con los resultados obtenidos por el método tradicional.

## **II. MARCO TEÓRICO**

### **2.1. BASES TEÓRICAS SOBRE EL TEMA DE INVESTIGACIÓN**

#### **2.1.1. Geodesia**

##### **2.1.1.1. Definición**

Para Ibáñez (2016) la Geodesia es la ciencia que estudia la forma y dimensiones de la Tierra. Esto incluye la determinación del campo gravitatorio externo de la tierra y la superficie del fondo oceánico. Dentro de esta definición, se incluye también la orientación y posición de la tierra en el espacio. Una parte fundamental de la geodesia es la determinación de la posición de puntos sobre la superficie terrestre mediante coordenadas (latitud, longitud, altura). La materialización de estos puntos sobre el terreno constituye las redes geodésicas, conformadas por una serie de puntos (vértices geodésicos o también señales de nivelación), con coordenadas que configuran la base de la cartografía de un país, por lo que también se dice que es "la infraestructura de las infraestructuras".

Desde los inicios de la humanidad, hace miles de años, se han utilizado diferentes símbolos para indicar localizaciones de los lugares de nuestro entorno. Posteriormente se necesitó representar zonas más extensas, y con simples indicaciones gráficas no era suficiente. Para hacer esta representación se tuvo que confeccionar mapas mejores. Y para hacer mapas mejores, que comprendieran territorios más extensos, se necesita una manera de identificar con una única dirección cualquier elemento sobre la superficie de la Tierra. Por este motivo, es necesario conocer la forma de la Tierra. Es decir, necesitamos la geodesia (Muñoz, 2007).

Otro de los autores como Mejía (2012) señala que es la ciencia que determina la posición exacta de los puntos terrestres, la forma y dimensiones de grandes porciones de la superficie terrestre o de toda la Tierra, así como, las variaciones de gravedad terrestre. La

Geodesia desde la antigüedad, es una ciencia que se ha dedicado al estudio de la medida y forma del Globo terráqueo, se ha utilizado para la elaboración de mapas o cartas.

La Geodesia suministra, con sus teorías y sus resultados de mediciones y cálculos, la referencia geométrica de la Tierra para las demás geociencias (geografía, edafología, climatología, hidrografía, entre otras), como también para a geoinformática, los Sistemas de Información Geográficos, el catastro, la planificación, las ingenierías de construcción, entre otras (Mejia, 2012).

Por lo que, Para Muñoz (2007) el objetivo de la geodesia, como veremos en profundidad en este apartado, es el estudio y determinación de la forma y dimensiones de la Tierra. Dado que este objetivo está íntimamente vinculado al proceso de determinación de posiciones de puntos sobre la superficie terrestre (georreferenciación), serán de especial interés para nosotros las implicaciones prácticas de esta ciencia.

Rama de la ciencia cuyo objetivo es determinar la Posición de Puntos sobre la Superficie de la Tierra y apoyados en ellos determinar la Forma y Dimensiones de una parte del terreno y/o de la Superficie de la Tierra, considerando la Curvatura de ella y a partir del cual proporcionar los Mapas Nacionales e Internacionales sobre los que se asienta el desarrollo de una nación (Santos , Buendía , Calla, & Cruz, 2009).

Los fundamentos físicos y matemáticos necesarios para su obtención, sitúan a la geodesia como una ciencia básica para otras disciplinas, como la topografía, fotogrametría, cartografía, ingeniería civil, navegación, sistemas de información geográfica, entre otras (Ministerio de Defensa, 2015).

### **2.1.1.2. Sistema de Geodesia oficial**

Sistema conformado por la Red Geodésica Horizontal Oficial y la Red Geodésica Vertical Oficial, implementada y administrada por el Instituto Geográfico Nacional (IGN); constituye el sistema de referencia único a nivel nacional, el cual se encuentra integrado al Sistema de Referencia Mundial. Está materializado por puntos localizados dentro del ámbito del territorio nacional, mediante monumentos o marcas, que interconectados permiten la obtención conjunta o por separado de su posición geodésica (coordenadas), altura o del campo de gravedad, enlazado al sistema de referencia nacional (Ministerio de Defensa, 2015).

### **2.1.1.3. Red Geodesia Horizontal Oficial**

Red Geodésica Peruana de Monitoreo Continuo – REGPMOC, la misma que tiene como base las Estaciones de Rastreo Permanente - ERP, sustentada en el Marco Internacional de Referencia Terrestre (ITRF) del Servicio Internacional de Rotación de la Tierra y Sistemas de Referencia, más conocido como International Earth Rotation Service (IERS) para la época y relacionado con el elipsoide del sistema de referencia geodésico.

La ERP está conformada por 55 estaciones instaladas en todo el litoral peruano con 24 horas de observancia.

La Ley N° 28294 “Ley que crea el Sistema Nacional Integrado de Catastro y su vinculación con el Registro de Predios”, tiene por finalidad el regular la integración y unificación de los estándares, nomenclatura y procesos técnicos de las diferentes entidades generadoras de catastro del país;

Que, el conjunto de Estaciones Rastreo Permanente que administra el Instituto Geográfico Nacional, constituyen la Red Geodésica Peruana de Monitoreo Continuo (REGPMOC), la cual proporciona la base de toda la información geoespacial que se levanta en el país, siendo esta la infraestructura que proporciona soporte a diferentes proyectos tales como

la construcción de la red vial, red hídrica, energía y minas, catastro urbano y rural, cartografía básica oficial, red de agua, desagüe, ordenamiento territorial, trabajos de investigación, entre otros, generando el beneficio de la región donde se encuentran instaladas;

Que, mediante Resolución Jefatural N° 0090 – 2016 /IGN/OAJ de fecha 01 de setiembre de 2016, se resolvió aprobar las características técnicas mínimas de los equipos geodésicos GNSS de infraestructura para la Red Geodésica Peruana de Monitoreo Continuo, la cual está constituida por todas las Estaciones de Rastreo Permanente que se encuentran enlazadas e integradas a la mencionada red;

Que, mediante documento del visto, el Ministerio de Justicia dispuso la implementación del Índice de las Estaciones de Rastreo Permanente y contenido mínimo de la base de datos estructurada, la cual estará a cargo del Instituto Geográfico Nacional;

Que, mediante Informe Técnico N° 027-2018/IGN/DC/DPG, el Jefe del Departamento de Procesamiento Geodésico del IGN, señala que en cumplimiento a la norma del visto, la estructuración dispuesta de la Estaciones de Rastreo Permanente ha sido verificada por el Departamento de Control de Calidad y el Departamento de Procesamiento Geodésico del Instituto Geográfico Nacional, encontrándose en condiciones de ser presentadas para su publicación correspondiente;

Que, de acuerdo a la Ley N° 27292 “Ley del Instituto Geográfico Nacional” y su Reglamento aprobado mediante Decreto Supremo N° 005 – DE/SG, la Ley N° 28294 “Ley que crea el Sistema Nacional Integrado de Catastro y su vinculación con el Registro de Predios” y su reglamento, el Decreto Supremo N° 005-2018-JUS, y en uso de las atribuciones conferidas por Resolución Suprema N° 193-2017–DE/EP del 28 de diciembre de 2017; y,



Estando a lo propuesto por el señor Teniente Coronel Director de la Dirección de Cartografía del Instituto Geográfico Nacional. Así lo establece:

Artículo 1°. - La implementación del Índice de las Estaciones de Rastreo Permanente que constituye la Red Geodésica Peruana de Monitoreo Continuo (REGPMOC), la cual será administrada por el Instituto Geográfico Nacional y que como Anexo forma parte de la presente resolución.

Artículo 2°. - Disponer, la publicación de la presente resolución en el Diario Oficial “El Peruano”, y en el Portal Institucional del Instituto Geográfico Nacional. (Diario el Peruano, 2018)

#### **2.1.1.4. Elipsoide Geodésico de Referencia**

Elipsoide: GRS80 Geodetic Reference System 1980

Datum: Geocéntrico

Semi Eje Mayor: 6 378 137 metros

Semi Eje Menor: 6 356 752,31414 metros

Achatamiento: 1/298,257222101 Para efectos prácticos como elipsoide puede ser utilizado el World Geodesic System 1984 (WGS84), con los siguientes parámetros.

Elipsoide: WGS84 (World Geodesic System 1984)

Datum: Geocéntrico

Semi Eje Mayor: 6 378 137 metros

Semi Eje Menor: 6 356 752,31424 metros

Achatamiento: 1/298,257223563

Clave: WGS84 (IGN- Resolución Jefatural N° 079-2006-IGN/OAJ/DGC - Proyecto de Normas Técnicas de Levantamientos Geodésicos– 2005) (Ministerio de Defensa, 2015)

## **2.1.2. Topografía**

### **2.1.2.1. Definición**

Montes (1996) señala que la Topografía es la ciencia que trata de los principios y métodos utilizados para determinar las posiciones relativas de puntos de la superficie terrestre. De hecho, Montes de Oca1 señala lo siguiente: “Es la ciencia que estudia el conjunto de procedimientos para determinar las posiciones de los puntos sobre la superficie de la tierra, por medio de medidas según los 3 elementos del espacio. Estos elementos pueden ser: dos distancias y una elevación, o una distancia, una dirección y una elevación.

La Topografía es una aplicación de la geometría por lo que se recomienda una revisión de los temas de geometría. Estos métodos definen la posición y las formas del suelo o terreno. Entonces el estudiante de la Topografía estudiará y aplicará los procedimientos para representar los accidentes que en él existen, ya sean naturales o artificiales. El medio usual para representar estos accidentes es el dibujo. (Fuentes, 2012)

Por otro lado, Alcántara (2014) establece que es una ciencia aplicada que se encarga de determinar las posiciones relativas o absolutas de los puntos sobre la Tierra, así como la representación en un plano de una porción (limitada) de la superficie terrestre; es decir, estudia los métodos y procedimientos para hacer mediciones sobre el terreno y su representación gráfica o analítica a una escala determinada. También ejecuta replanteos (trazos) sobre el terreno para la realización de diversas obras de ingeniería, a partir de las condiciones del proyecto establecidas sobre un plano.

Así también Fuentes (2012) señala que en cuanto a la extensión del levantamiento se puede dividir en topográficos y geodésicos, los levantamientos topográficos son relativamente

pequeños tramos la de superficie de Tierra, a la cual se la considera como si fuera plana, las dimensiones máximas no superan los 30 km por lado; en tanto, los levantamientos geodésicos abarcan grandes extensiones y obligan a tomar en cuenta la forma de la Tierra, considerándola como esfera o esferoide de revolución.

Entre la topografía y la geodesia hay diferencia en los métodos y procedimientos de medición y cálculo, pues la primera realiza sus trabajos en porciones relativamente pequeñas de la superficie terrestre, considerándola como plana, en tanto que la geodesia toma en cuenta la curvatura terrestre, y sus mediciones son sobre extensiones más grandes: poblados, estados, países, continentes o la Tierra misma. La representación gráfica de estas mediciones la realiza otra ciencia, la cartografía, que proyecta sobre un plano las partes del esferoide terrestre; en cambio el dibujo topográfico proyecta las medidas sobre una superficie en un plano. (Alcántara , 2014)

La topografía tiene un campo de aplicación extenso, lo que la hace sumamente necesaria. Sin su conocimiento no podría el ingeniero o arquitecto realizar sus proyectos. Sin un buen plano topográfico no es posible proyectar debidamente un edificio o trazar un fraccionamiento, ya que en principio la topografía ayuda a determinar los linderos de propiedad con sus divisiones interiores, la localización de vialidades y servicios municipales; la configuración del relieve del terreno con sus montes, valles, barrancos, bosques, pantanos, etc. y en general del conocimiento de todas aquellas particularidades del terreno necesarias para la implantación de un proyecto en el sitio designado. (Zamarripa, 2010)

#### **2.1.2.2. Clases de errores**

Los errores pueden dividirse en sistemáticos y accidentales.

- **Errores Sistemáticos:** son aquellos que siguen siempre una ley definida física o matemática y mientras las condiciones en que se ejecutan las medidas permanezcan

invariables, tendrán la misma magnitud y el mismo signo algebraico, por tanto, son acumulativos. La magnitud de estos errores se puede determinar y se eliminan aplicando métodos sistemáticos en el trabajo de campo o correcciones a las medidas.

Los errores sistemáticos pueden ser instrumentales, personales o naturales.

Son errores que se repiten constantemente en el transcurso de un experimento. Afecta a todas las mediciones de un modo definido y es el mismo para todas ellas. Las causas probables pueden ser: errores instrumentales (de aparatos), errores personales, error de la elección del método. (Universidad de Malaga, 2019)

- **Errores Accidentales:** son los que obedecen a una combinación de causas que no alcanza el observador a controlar y para las cuales no es posible obtener correcciones; para cada observación la magnitud y signo algebraico del error accidental depende del azar y no pueden calcularse. Como todos los errores accidentales tienen las mismas probabilidades de ser positivos que negativos, existe cierto efecto compensador y por ello muchos de los errores accidentales se eliminan. Los errores accidentales sólo se pueden reducir por medio de un mayor cuidado en las medidas y aumentando el número de estas.

Son variaciones que aparecen entre observaciones sucesivas realizadas por un mismo operador. No existe una causa predeterminada para este tipo de errores siendo incontrolables para un observador. Alteran la medida realizada tanto por exceso como por defecto. El origen de estos errores accidentales puede ser el cambio durante el experimento de las condiciones en el entorno, errores de apreciación del observador, errores de precisión del aparato de medida, etc. (Universidad de Malaga, 2019)

- **Equivocaciones:** una equivocación es una falta involuntaria originada por el mal criterio, falta de cuidado o de conocimientos, distracción o confusión en la mente del observador. Las equivocaciones no pertenecen al campo de la teoría de los errores y a

diferencia de estos, no pueden controlarse y estudiarse. Las equivocaciones se encuentran y se eliminan comprobando todo el trabajo.

- **Comprobaciones:** en todo trabajo de topografía, se debe buscar siempre la manera de comprobar las medidas y los cálculos ejecutados. Esto tiene por objeto descubrir equivocaciones y errores para determinar el grado de precisión obtenido
- **Tolerancia:** Se entiende por tolerancia el error máximo admisible en cualquier tipo de medida. Ejemplo: de ángulo, distancia y desniveles. (Garcia, 2003)

### 2.1.2.3. Escala

La escala de un plano, es la relación fija que todas las distancias en el plano guardan con las distancias correspondientes en el terreno. Como generalmente se indican dimensiones en el plano o mapa es necesario indicar la escala a que se ha dibujado.

La Escala puede ser:

1. Escala numérica.
2. Escala de correspondencia
3. Escala gráfica

**1. Escala numérica:** es una expresión que relaciona cualquier distancia medida en el plano con la distancia correspondiente medida sobre el terreno. Por lo general se expresa de la siguiente manera 1:500 y también en forma de quebrado con la unidad por numerador 1/500.

La escala matemática se expresa como:

$$Escala = \frac{\text{Longitud en el plano } (l)}{\text{Longitud en el terreno } (L)} \quad \equiv E = \frac{l}{L}$$

Figura 1. Escala matemática

Fuente: (Escalante , 2017)

La escala 1:500 nos indica que cualquier distancia que se mide en el plano o mapa, representa una distancia real 500 veces mayor en el terreno, así podemos decir que 1cm en el plano representa 500cm en el terreno, que 1 pulgada en el plano es igual a 500 pulgadas en el terreno, que 1 vara en el plano es igual a 500 varas en el terreno.

**2. Escala de correspondencia:** esta indica el número de unidades (centímetros, pulgadas, milímetros, etc) en el mapa o plano, que corresponde a otra unidad (kilómetros, millas, metros, etc.) en el terreno se representa con el signo de igualdad y las unidades son diferentes.

**3. Escala gráfica:** esta consiste en una línea recta graduada en unidades correspondiente a las medidas reales del terreno. Cualquier distancia en el plano puede compararse con esta regla (escala grafica) para determinar la distancia real que representa. La escala grafica para un plano con escala numérica de 1:100 000 sería de la siguiente manera.

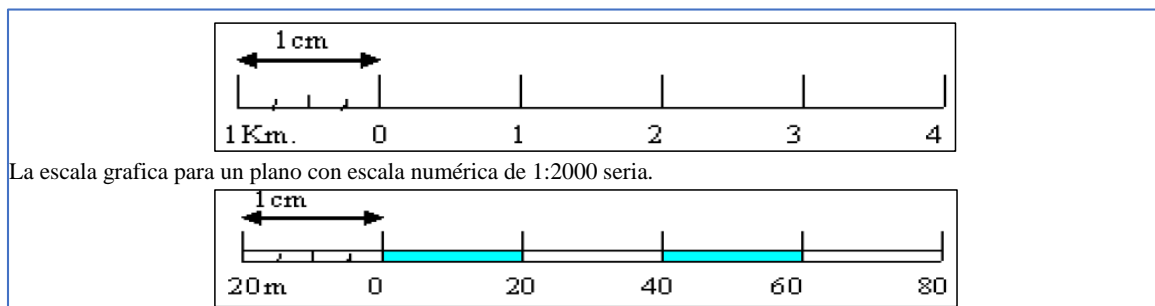


Figura 2. Escala Gráfica

Fuente: (Escalante , 2017)

Los cálculos de distancia, áreas, pendientes etc. se hacen a partir de la escala numérica casi exclusivamente. La escala gráfica se interpreta con facilidad y tiene la ventaja especial de que conserva su valor al ampliar o reducir un mapa o plano por medios fotográficos o cualquier otra técnica empleada en ampliación y reducción de planos. Es por esta razón que todo trabajo responsable debe llevar las dos escalas, la numérica y la gráfica (Escalante , 2017)

### **2.1.3. Mareas**

#### **2.1.3.1. Definición**

Para Sailantrip (2016) la marea es un fenómeno que se produce por el movimiento periódico de grandes masas de agua debido a la fuerza de atracción gravitatoria que ejercen las masas de la luna y el sol sobre la superficie de la tierra. Esta fuerza de atracción, en mucha mayor medida por la luna que por el sol, actúa combinada con la fuerza de inercia que genera la rotación de la tierra y que conocemos como fuerza centrífuga. El resultado de estas dos fuerzas es lo que conocemos como la marea.

La fuerza de atracción de la luna, al estar mucho más cerca de la tierra que el sol, es la fuerza o causa principal de la marea, siendo 2,3 veces superior a la del sol.

Ascenso y descenso periódicos de todas las aguas oceánicas, incluyendo las del mar abierto, los golfos y las bahías, resultado de la atracción gravitatoria de la Luna y del Sol sobre el agua y la propia Tierra (Leñiz, 2008).

Por lo cual Cadena (2012) establece que la marea es "La variación periódica del nivel de un cuerpo de agua que asciende y desciende en respuesta a las interacciones gravitacionales entre el Sol, la Luna y la Tierra". La marea astronómica se refiere al ascenso y descenso del nivel del agua producido exclusivamente por las interacciones gravitacionales entre la Tierra, la Luna y el Sol. Estas interacciones son periódicas y predictibles, mientras la marea meteorológica se refiere al ascenso y descenso del nivel del agua provocado por acción del viento y las fluctuaciones en la presión atmosférica. Aunque en términos científicos la palabra marea suele significar marea astronómica, en el uso corriente se utiliza para referirse a los cambios en el nivel del agua provocados por cualquier combinación de procesos astronómicos y meteorológicos.

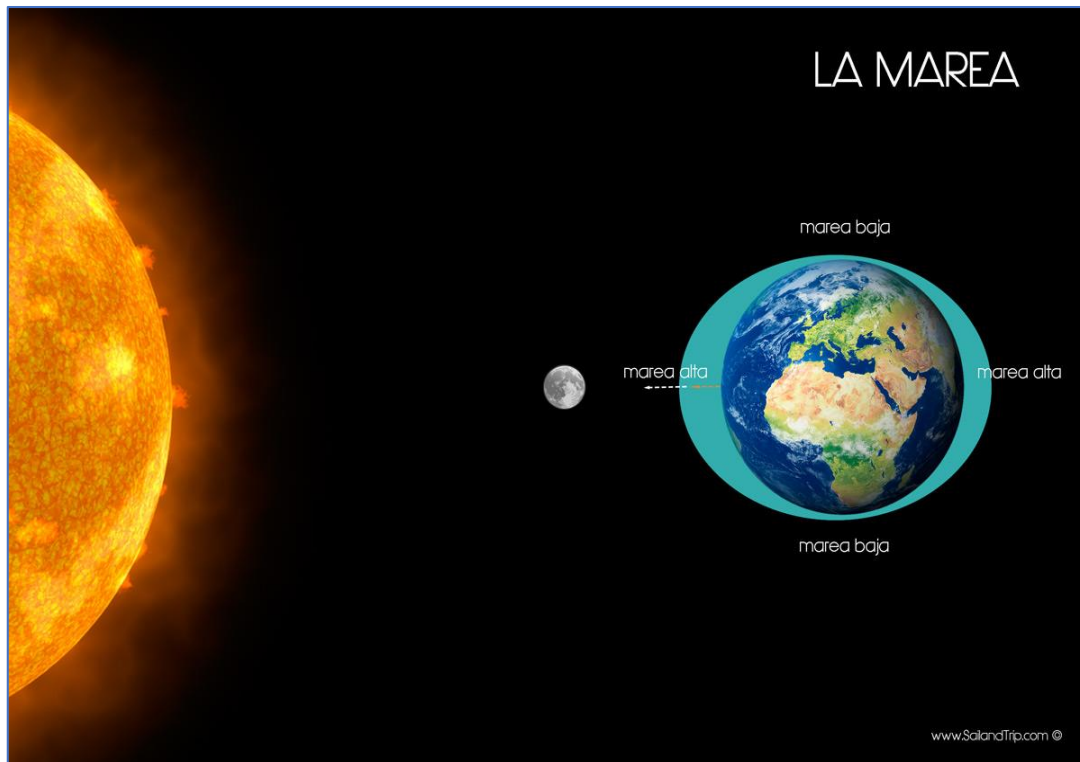


Figura 3. La marea

Fuente: (Sailantrip, 2016)

### 2.1.3.2. El ciclo de la marea

Como bien sabemos, las mareas son los movimientos periódicos de ascenso y descenso de las aguas del mar. Sobre las causas que provocan este fenómeno volveremos con un poco más de detalle más adelante, aunque podemos adelantar ya que el estudio correcto y detallado de las causas de las mareas no es en absoluto trivial. De momento basta decir en esta introducción que la causa de las mareas es la atracción gravitatoria ejercida por la Luna y el Sol. El efecto de la primera es más importante, a pesar de que la Luna es mucho más pequeña que el Sol, debido a la proximidad de la Luna a la Tierra comparada con la distancia entre la Tierra y el Sol. (Sailantrip, 2016)

Es fácil de entender que la fuerza de la gravedad que la luna ejerce sobre la tierra hace elevar el nivel de las aguas del mar en la parte de la tierra que mira alineada hacia la luna, haciendo subir lo que llamamos la marea.



Ahora bien, la tierra tarda 24 horas en dar una vuelta completa así misma, es decir, que, desde el punto de vista de un observador, solo una vez cada 24 horas la tierra está alineada con la luna, y por lo tanto, sería de lógica pensar que debería haber una única marea alta a lo largo del día. Como sabemos, esto no ocurre así, a lo largo del día (24 horas) se producen dos mareas altas en un ciclo aproximado de 12 horas, con dos mareas bajas entre medias. ¿Por qué ocurre esto?

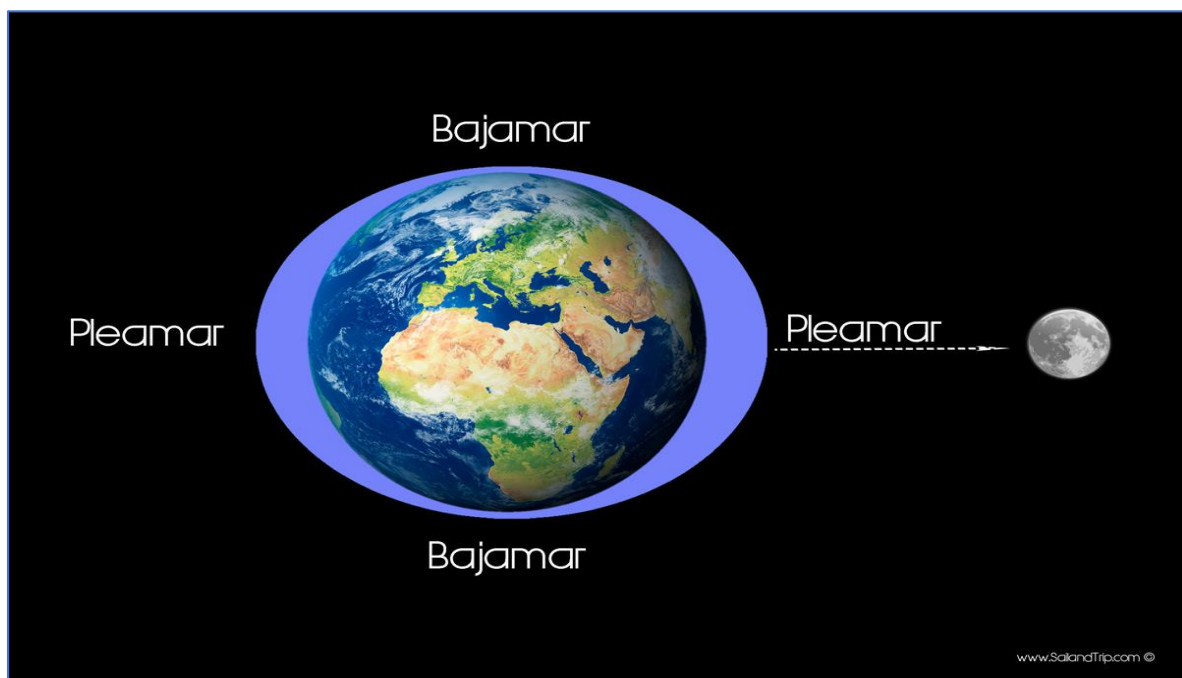


Figura 4. El ciclo de la Marea

Fuente: (Sailantrip, 2016)

La tierra y la luna forman un sistema que gira alrededor de un centro de rotación, cuando la luna se encuentra sobre la vertical de un océano atrae las aguas y estas se elevan. En la cara opuesta de la tierra, el movimiento de rotación del sistema tierra-luna provoca una fuerza centrífuga que hace que las aguas también se eleven, provocando también una pleamar (de menor intensidad) en el lado opuesto al de la luna. Por el contrario, en los océanos de las caras no alineadas con la luna, las fuerzas gravitatorias y centrífugas se contrarrestan dando lugar a la marea baja o bajamar.

Para entender el ciclo de la marea correcto, debemos pensar que a la vez que la tierra gira sobre su propio eje en movimiento de rotación, la luna gira alrededor de la tierra en traslación, avanzando aproximadamente  $12^\circ$  diarios y tardando 29 días, 12 horas, 44 minutos y 3 segundos en completar su órbita. Este movimiento de traslación de la luna, hace que desde un punto de la tierra tardemos algo más de 24 horas en volver a estar alineados frente a la luna, más exactamente tardaremos 24 horas, 50 minutos y 28 segundos. Esto es lo que llamamos un día lunar y es el tiempo por el que se rige el ciclo de la marea.

Por lo tanto, y teóricamente hablando, el ciclo de la marea es de 12 horas, 25 minutos y 14 segundos entre pleamar y pleamar, y de 6 horas, 12 minutos y 37 segundos entre pleamar y bajamar. Estamos diciendo teóricamente, ya que la realidad no es tan puramente matemática. La tierra no está formada solo de agua, es una superficie irregular con continentes de tierra por el medio que hacen efecto de interferencias en la marea, la geometría de las costas también afecta, el perfil de profundidad de cada costa, las tormentas, las corrientes oceánicas, el viento, la latitud a la que esté situado un punto determinado e incluso la presión atmosférica.

### **2.1.3.3. Mareas vivas, mareas muertas**

Durante las fases de luna llena y luna nueva, la Luna y el Sol están alineados y sus efectos se suman, se trata de las mareas vivas. En ellas se produce la mayor diferencia entre la pleamar y la bajamar. Se producen cada 14 días, es decir dos veces al mes. Existe un comprobado aumento en la actividad de los peces cuando se producen mareas vivas, sobre todo si estas coinciden con el amanecer o el ocaso, siendo éstos los días más propicios para la pesca. Durante las fases de cuarto creciente y cuarto menguante, por el contrario, los efectos se restan, obteniéndose mareas de menor amplitud (diferencia entre altamar y bajamar), denominadas mareas muertas. El movimiento en los fondos marinos suele ser menor y normalmente resultan días menos propicios para la pesca que los días con mareas vivas (Ies, 2011)

Como también lo señala Mederos (2009) la altura de la marea o mejor dicho, su amplitud, varía en función de la posición de la luna y el sol con respecto a la tierra. Cuando la luna y el sol se encuentran alineados con la tierra (luna nueva o luna llena), es cuando se produce la mayor fuerza de atracción y por tanto las mareas son más altas y las pleamares son las de mayor valor “mareas vivas” esto ocurre en mayor medida con la luna nueva. Por el contrario, cuando la luna, la tierra y el sol forman un ángulo recto (luna en cuarto creciente o cuarto menguante) la fuerza de atracción de la gravedad resulta mínima, siendo las mareas menores, también llamadas “mareas muertas”.

Así definimos:

- **Marea alta o pleamar:** Cuando el agua del mar **alcanza el máximo nivel** dentro del ciclo de la marea.
- **Marea baja o bajamar:** Cuando el nivel del agua del ciclo de la marea alcanza su mínimo nivel.
- **Hora de la pleamar:** Instante en que ocurre la pleamar o momento de mayor amplitud del nivel del mar en un punto determinado.
- **Hora de la bajamar:** Instante en que ocurre la bajamar o menor amplitud del nivel del mar en un punto determinado.
- **Vaciante:** Es el periodo entre la pleamar y la bajamar.
- **Creciente:** Periodo entre la bajamar y la pleamar (Sailantrip, 2016)

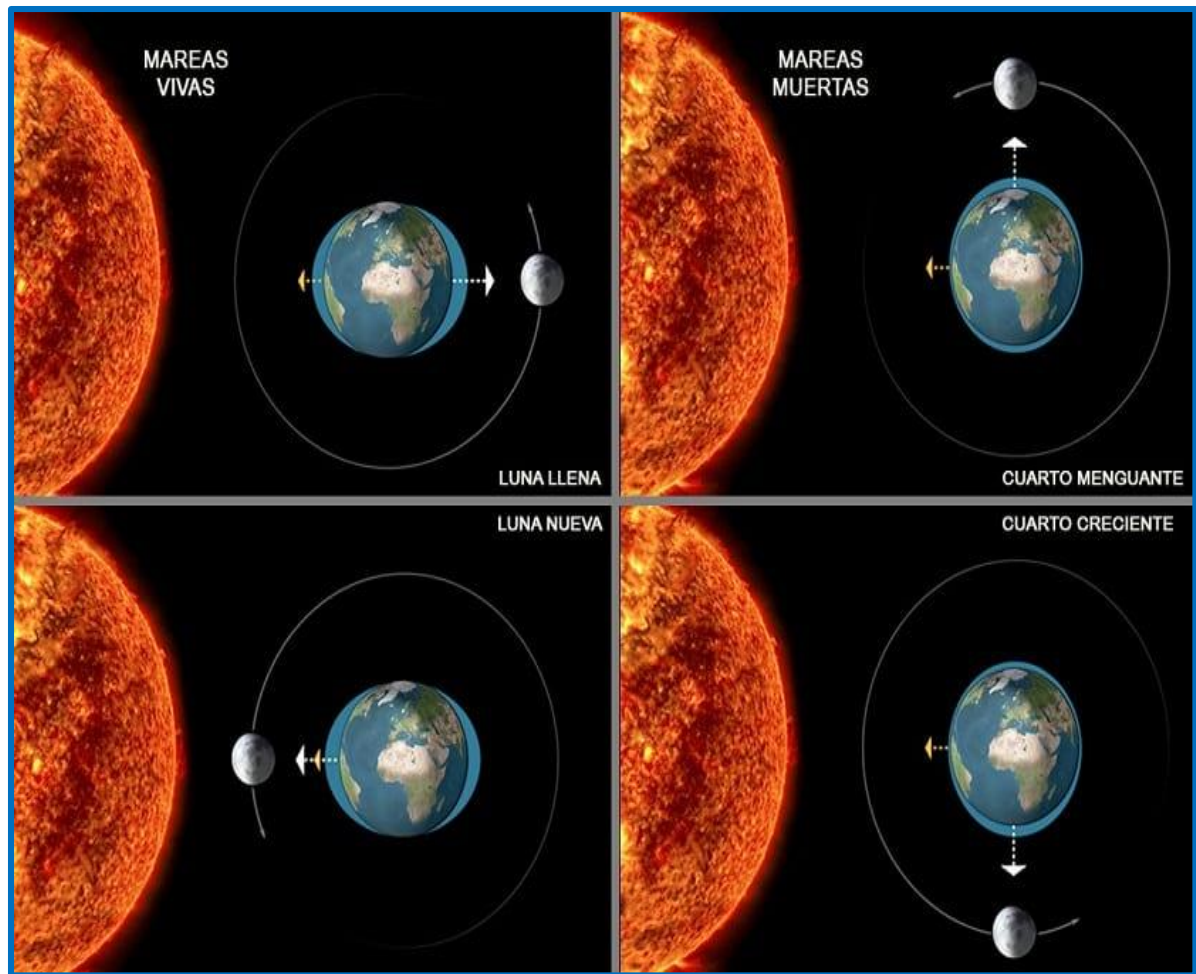


Figura 5. Mareas Vivas y muertas

Fuente: (Portillo , 2018)

#### 2.1.3.4. Mareógrafo

El mareógrafo es un instrumento que se usa para registrar y medir las oscilaciones del nivel del mar (mareas). Existen varios tipos de mareógrafos por principio de funcionamiento, así tenemos: mareógrafo de flotador, de presión, acústicos y radáricos (Marina de guerra del Perú, 2013).

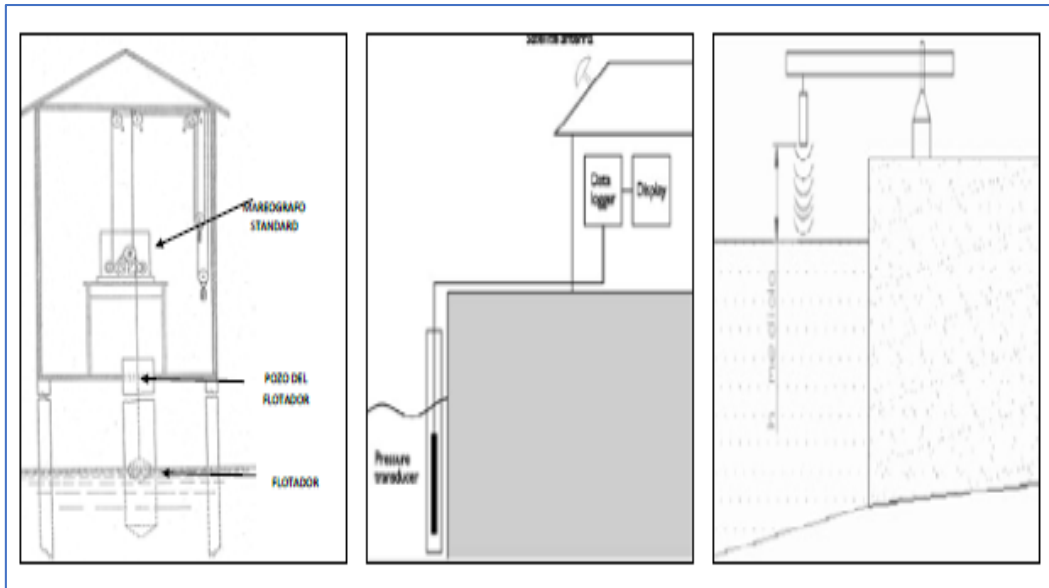


Figura 6 Tipos de mareógrafos: flotador, presión y radar

(Marina de guerra del Perú, 2013)

## Clasificación

- **Reglas graduadas**

Es el más primitivo de estos instrumentos, está compuesto por reglas graduadas que se disponen sobre la playa permitiendo registrar en forma visual la altura del mar en intervalos de tiempo previamente fijados, si se desea instalar en muelles, las reglas se fijan a los pilotes.

- **Mareógrafo de flotador**

Tiene como principio de funcionamiento que el descenso o la subida de un flotador al amparo de las olas, acciona mecánicamente un estilete inscriptor que se desliza sobre el gráfico arrollado en el tambor de un mecanismo de relojería. En los instrumentos más perfeccionados se reemplaza la transmisión mecánica por una transmisión eléctrica, que ofrecen la ventaja de comunicar las medidas a larga distancia.

- **Mareógrafo de presión**

Este instrumento presenta un recipiente con aire fijado en el fondo. Al variar la altura del agua, varía también la presión del aire en el depósito, esta repercute en un manómetro de Mercurio (elemento químico sobre el cual baja o sube el flotador del dispositivo inscriptor).

- **Actualidad**

Actualmente el nivel del mar se puede medir desde los satélites. Un altímetro mide la distancia entre el satélite y la superficie del mar. Si la posición del satélite se conoce exactamente esto resulta en una medición del nivel del mar. Los altímetros modernos han alcanzado una precisión mejor de 5 cm. La cobertura global proporcionada por los satélites permite la verificación de los modelos globales de marea. Cuando se sustrae las mareas, las observaciones aportan información sobre la forma de la superficie del mar y, con el uso del principio de geostrofia, sobre la circulación oceánica a gran escala. (Galiana, 1988, pág. 1)

### **2.1.3.5. Nivelación y vinculación de las mediciones de mareas**

Las observaciones del nivel del mar deben ser vinculadas a un datum de referencia, motivo por el cual, las estaciones mareográficas cuentan con un sistema de marcas de nivelación (BMs). Estas marcas reciben la denominación de “cotas de nivelación de la marea” y sirven de base para las elevaciones que se prolongan por medio de niveles a otras numerosas marcas establecidas en diversos lugares del país, que a su vez conforman la Red Nacional de Nivelación Geodésica.

Las estaciones mareográficas primarias están compuestas por una red de 6 BMs; mientras que, para el caso de las mediciones de corto periodo o estaciones mareográficas temporales, se deberá contar como mínimo con 2 BMs.

Para estas mediciones de mareas de corto periodo, se deben establecer 2 BMs en el área inmediata de instalación del mareógrafo, el primero se ubicará cerca al mareómetro y el

segundo a 100 m del lugar, que podrá variar de acuerdo a las condiciones locales. Estos BMs o marcas deberán estar claramente identificadas con una adecuada inscripción, y documentadas mediante una descripción de las mismas alturas que tendrán como referencia el Nivel Medio del Mar (NMM) y el Nivel Medio de Bajamares de Sicigias Ordinarias (NMBSO), respectivamente.

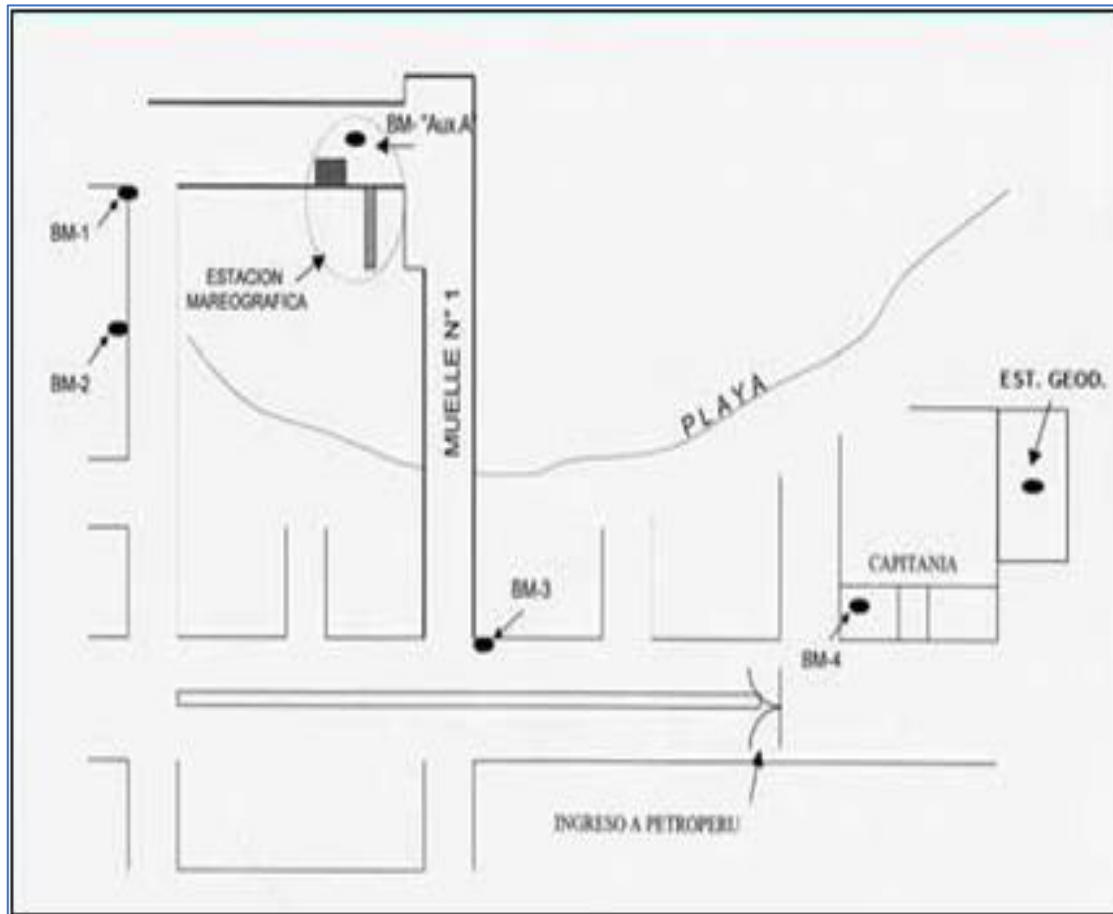


Figura 7. Esquema de ubicación de una Red de BMs de una Estación Mareográfica.

Fuente: (Marina de guerra del Perú, 2013)

El método empleado es la nivelación diferencial, el cual es un método preciso que consiste en la determinación de diferencias de alturas o cotas de dos puntos determinado por medio de un instrumento llamado nivel, realizando lecturas horizontales sobre una regla graduada vertical (mira) la misma que se ubica en los diferentes puntos a los que se desea determinar sus alturas.

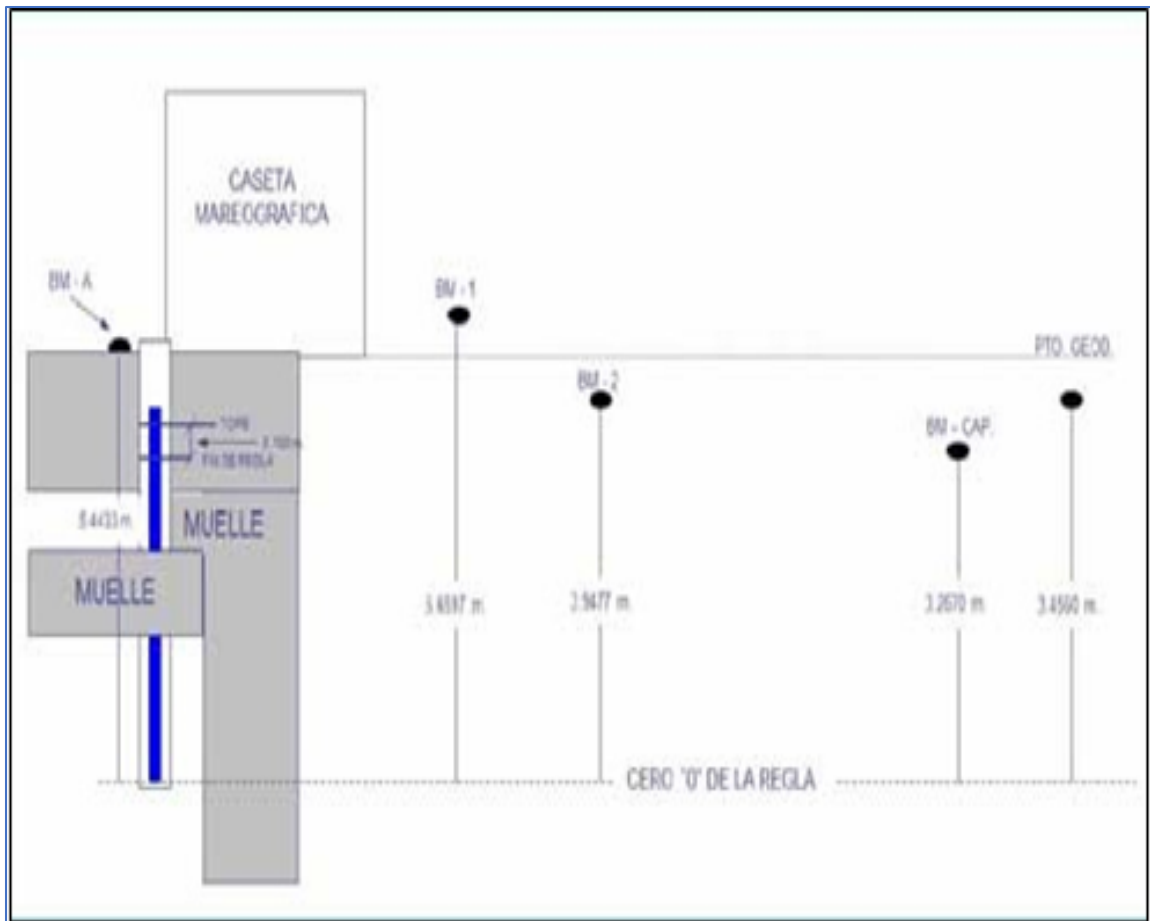


Figura 8. Esquema de nivelación de la Red de BMs

Fuente: (Marina de guerra del Perú, 2013)

### 2.1.3.6. Planos de referencia mareográficos

Los planos o niveles de referencia de la marea son aquellos planos que se infieren en base al fenómeno de ascenso y descenso periódico del nivel del mar, recibiendo cada uno de ellos una denominación particular; a partir de ellos, se determinan las alturas de los accidentes topográficos y las profundidades del mar, además en la determinación de terrenos ribereños para el establecimiento de linderos y el diseño de estructuras en zonas costeras.

Estos niveles son calculados teniendo como base la data histórica de las estaciones mareográficas instaladas a lo largo de la línea de costa, cuya información incluye un ciclo nodal lunar (18,61 años), considerando todas las variaciones astronómicas significativas. Sin embargo, para el caso de mediciones de mareas de corto periodo, se obtendrán los valores de



los niveles de referencia, debiéndose correlacionar con la información de las estaciones mareográficas primarias más cercanas.

Los planos de referencia mareográficos son los siguientes:

- **Nivel de Más Alta Marea (NMAM ó LAM).**- La obtención de este nivel corresponde al valor máximo registrado durante un ciclo nodal lunar. Nivel que corresponde a la Línea de Más Alta Marea, empleado en la determinación de terrenos ribereños para el establecimiento de linderos y el diseño de estructuras en zonas costeras.
- **Nivel Medio de Pleamares de Sicigias Ordinarias (NMPS).** - Este nivel corresponde a la media aritmética de las alturas de pleamares que ocurren al momento de las mareas de sicigia, es decir aquellas que se presentan un día o dos, después de la luna nueva o llena, observadas durante un ciclo nodal lunar.
- **Nivel Medio de Pleamares Superiores (NMPS).** - Es la altura promedio de las pleamares superiores durante un período nodal lunar. Nivel utilizado en los cálculos de alturas para los diseños de muelles, espigones, malecones, etc.
- **Nivel Medio de Pleamares (NMP).** - Es la altura media de las pleamares durante un período o ciclo nodal lunar.
- **Nivel Medio del Mar (NMM).** - Este plano es utilizado en la red de nivelación en todo el país, considerado como el Nivel “0” de referencia topográfico. La determinación de este plano, corresponde a la media aritmética de las alturas de la marea observadas en un lugar, en forma continua, separadas por el mismo intervalo de tiempo, y durante un ciclo nodal lunar.
- **Nivel Medio de Bajamares (NMB).** - Es la altura promedio de las bajamares en un período o ciclo nodal lunar.

- **Nivel Medio de Bajamares Inferiores (NMBI).** - Es la altura promedio de las bajamares inferiores durante un ciclo nodal lunar.
- **Nivel Medio de Bajamares de Sicigias Ordinarias (NMBSO).** - Este plano es el nivel de reducción de sondajes, considerado como el Nivel “0” de referencia hidrográfico. La determinación de este plano, corresponde a la media aritmética de las alturas de bajamares que ocurren al momento de las mareas de sicigia, es decir aquellas que se presentan un día o dos, después de la luna nueva o llena, observadas durante un ciclo nodal lunar.
- **Nivel de Más Baja Marea (NMBM).** - Este nivel corresponde al valor mínimo registrado durante un ciclo nodal lunar. Nivel que generalmente se emplea como Línea de Base Normal, desde la cual se determina el ancho del mar territorial y otras zonas marítimas.

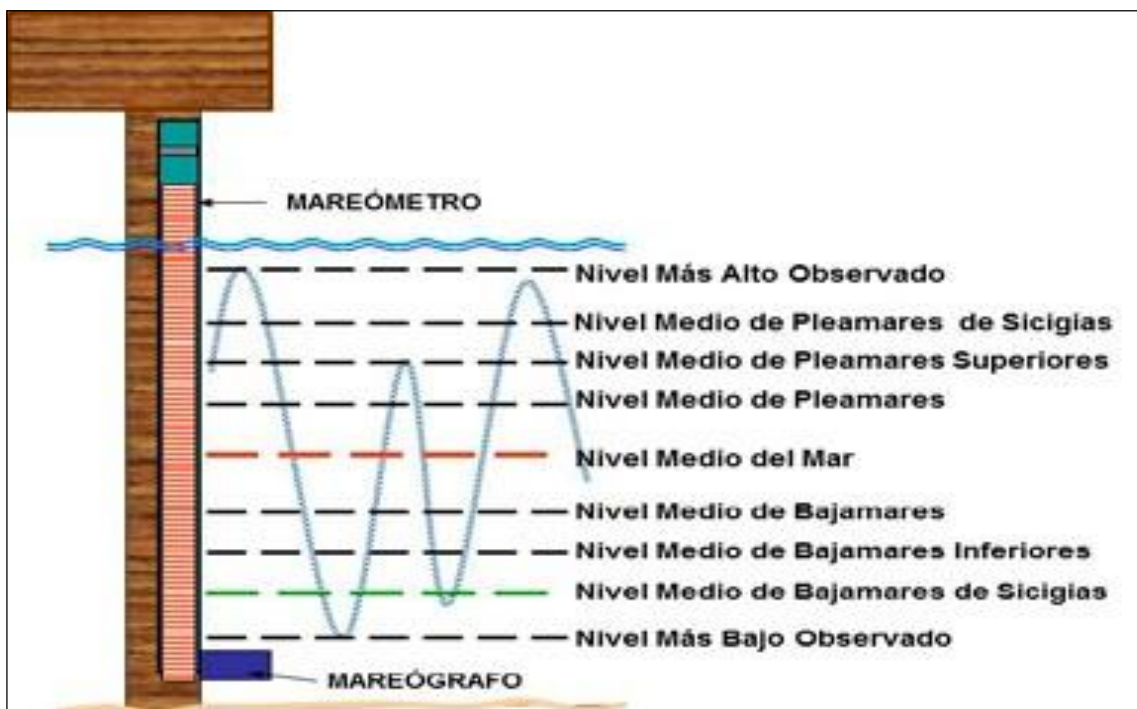


Figura 9. Esquema representativo de los niveles de referencia mareográficos

Fuente: (Marina de guerra del Perú, 2013)

### 2.1.3.7. Amplitud de la marea

Las mareas no se manifiestan en iguales proporciones en todos los lugares, pueden variar en distancias cortas a lo largo de la costa, debido principalmente a la configuración de la misma, ya que influyen variantes como la latitud, profundidad, morfología de costa, etc. Asimismo, durante el mes, las alturas de la marea varían de acuerdo con la intensidad de la fuerza que la produce y la ubicación geográfica, aunque puede haber un retardo de uno ó dos días entre una causa astronómica particular y el efecto de la marea.

Para la obtención del rango o amplitud de la marea, se calcularán los valores de las amplitudes medias y de sicigias de la marea registrada.

- **Amplitud media de la marea:** valor que corresponde a la diferencia de altura entre el promedio de pleamares y el promedio de bajamares consecutivas, respectivamente.
- **Amplitud media de la marea de sicigias:** este valor corresponde a la diferencia de altura entre el promedio de pleamares de sicigias y el promedio de bajamares de sicigias, respectivamente. Cabe mencionar que, las mareas de sicigias se producen durante la Luna nueva y llena, su amplitud aumenta en esta época, pues la fuerza generadora de la marea producida por la Luna tiene dirección y sentido similares a la debida al Sol.

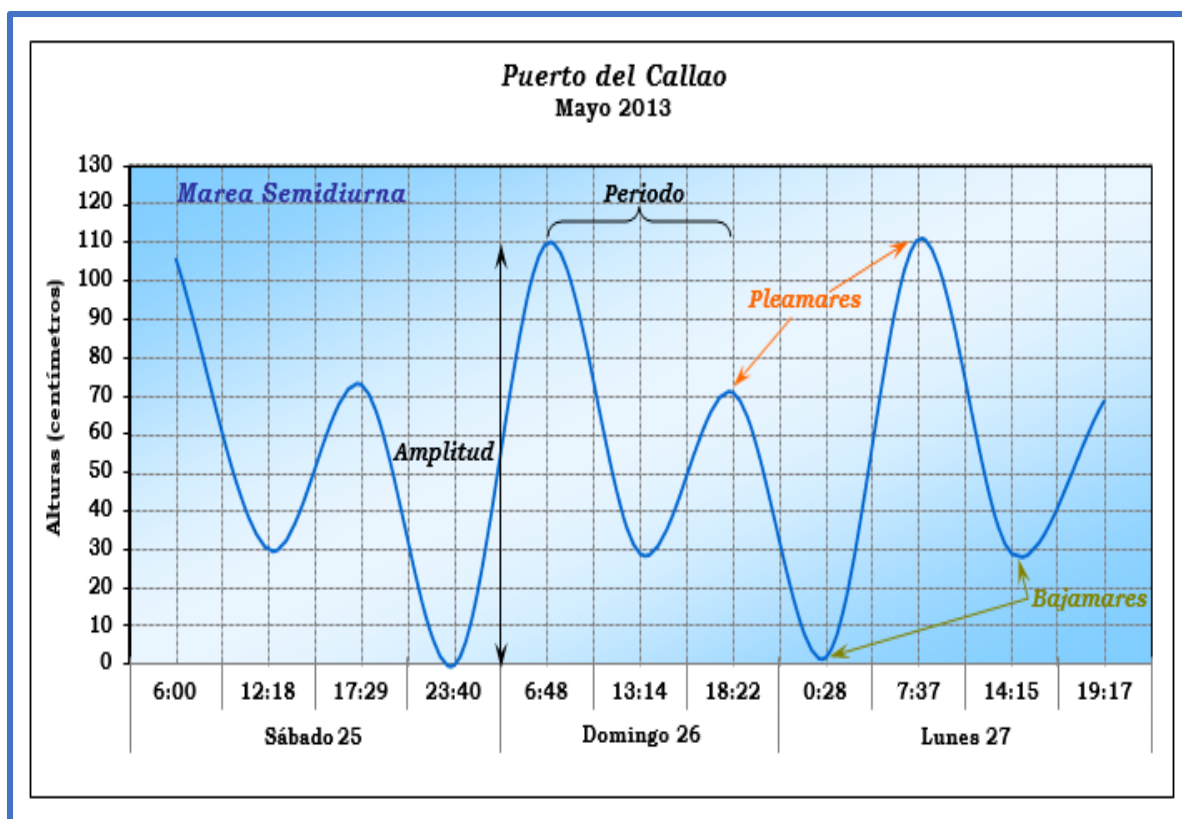


Figura 10. Registro mareográfico de 3 días, donde se puede apreciar las principales características de las mareas del litoral peruano

Fuente: (Marina de guerra del Perú, 2013, pág. 14)

## 2.1.4. Fotogrametría

### 2.1.4.1. Concepto

Santamaría y Sanz (2011) la Fotogrametría es la ciencia por medio de la cual, a partir de fotografías del terreno, se consigue deducir su planta y su alzado, llegando a formar un plano topográfico del mismo. Estas fotografías pueden tomarse desde tierra o desde el aire, dando lugar a la división en dos grandes ramas de la fotogrametría: terrestre y aérea.

Puede definirse también la fotogrametría como el conjunto de métodos y procedimientos mediante los cuales podemos deducir de la fotografía d un objeto, la forma y dimensiones del mismo.

Levantamiento fotogramétrico es la aplicación de los métodos fotogramétricos a la fotografía. Cuando la fotografía se hace desde el aire con objeto de tomar medidas del terreno, estamos haciendo fotogrametría aérea.

Orellana (2006) coincide en que la Fotogrametría es el arte, ciencia y tecnología de obtención de información confiable sobre los objetos físicos y el medio ambiente a través del proceso de registro, medición e interpretación de imágenes fotográficas, patrones de imágenes de radiancia electromagnética y otros (ASP 1980). Podríamos definir a la Fotogrametría, como la ciencia desarrollada para obtener medidas reales de objetos a partir de fotografías del mismo (tanto terrestres como aéreas), para la elaboración de mapas topográficos.

La Fotogrametría, ha significado para la Cartografía del último siglo, una de sus principales herramientas, que junto con la Topografía han posibilitado de manera eficaz al mejor conocimiento de nuestro planeta, contribuyendo de este modo en el desarrollo de muchas disciplinas englobadas en lo que denominamos Ciencias de la Tierra. Pero no es solamente en este campo donde la Fotogrametría ha intervenido. Los ensayos llevados a cabo hacia la mitad del siglo XIX para el registro de monumentos por medio de fotogramas, pueden considerarse el comienzo de la Fotogrametría. Sin embargo, el nuevo sistema de medición no alcanzó importancia práctica hasta principios del siglo 20, donde esta técnica irrumpió con éxito en la confección de mapas topográficos, siendo luego asumida esta tarea por la Fotogrametría Aérea. Sin embargo, el método de fotogrametría terrestre se impuso en muchos otros campos de aplicación, dando origen a lo que se denomina Fotogrametría Cercana. Algunas de estas aplicaciones son utilizadas en la Arquitectura, en la Ingeniería Civil, en la Hidráulica, en Arqueología, Criminología, Zoología, etc. (Orellana, 2006)

La fotogrametría, según Quirós (2014) es la técnica que tiene como objetivo estudiar y definir con precisión la forma, dimensiones y posición en el espacio de un objeto cualquiera

utilizando esencialmente medidas hechas sobre una o varias fotografías. Etimológicamente, la palabra fotogrametría significa la métrica de lo escrito con luz. Es, en esencia, la ciencia que utiliza la fotografía para hacer medidas, y su aplicación es extensiva a numerosas áreas de conocimiento. Existe otra técnica que utiliza también fotografías aéreas denominada fotointerpretación y que se dedica al estudio pormenorizado de las fotografías con el objetivo de analizar fenómenos de muy variada tipología.

#### **2.1.4.2. Divisiones de la Fotogrametría**

Frecuentemente la fotogrametría se divide en dos especialidades de acuerdo con el tipo de fotografía utilizada.

- **Fotogrametría terrestre.** La fotografía es usada en una posición tal que el eje de la cámara fotográfica resulta horizontal y paralelo al terreno o corteza terrestre.
- **Fotogrametría aérea.** Fotografías obtenidas desde vehículos aéreos; el eje óptico de la cámara fotográfica resulta sensiblemente perpendicular al terreno o corteza terrestre. El texto que nos ocupa se centra en esta última especialidad sin pretender profundizar en la complejidad de las técnicas fotogramétricas, sino que se referirá a aquellos principios elementales necesarios para la manipulación técnica del material aerofotográfico y cartográfico que hace posible el desarrollo y aplicación de las mismas.

Por último, señalar que, dependiendo del método empleado, se pueden distinguir tres tipos diferentes de fotogrametría:

- **Fotogrametría analógica.** Si se entiende por fotogrametría, como se ha comentado, la determinación precisa de un objeto en el espacio, mediante la utilización de fotografías aéreas, la fotogrametría analógica lo consigue mediante la utilización directa de dichas fotografías (formando modelos estereoscópicos), reconstruyendo el modelo espacial con sistemas ópticos o mecánicos.



Figura 11. Restituidor Analógico

Fuente: (Quirós, 2014)

- **Fotogrametría analítica.** En este caso el modelo espacial se reconstruye exclusivamente mediante programas informáticos que simulan dicha geometría.



Figura 12. Restituidor Analítico

Fuente: (Quirós, 2014, )

- **Fotogrametría digital.** Fotogrametría que utiliza como dato de entrada las fotografías aéreas previamente transformadas a formato digital, reconstruyendo así mismo el modelo espacial de forma numérica o digital; en este caso los conceptos relativos a

tratamiento digital de imágenes cobran gran importancia. (Otero, Ezquerria, Rodriguez, & Martin, 2000)



Figura 13. Restituidor Digital

Fuente: (Quirós, 2014)

#### **2.1.4.3. Elementos fundamentales en fotogrametría**

La elección de la escala de la fotografía es función de la escala de representación (escala del plano a representar) y del tamaño de los objetos que se pretenden detectar; es el primer problema que hay que resolver. La relación entre la escala de la imagen ( $M_b=1/m_b$ ) y la del plano ( $M_k=1/m_k$ ) que se trata de obtener por medios fotogramétricos, viene dada según:



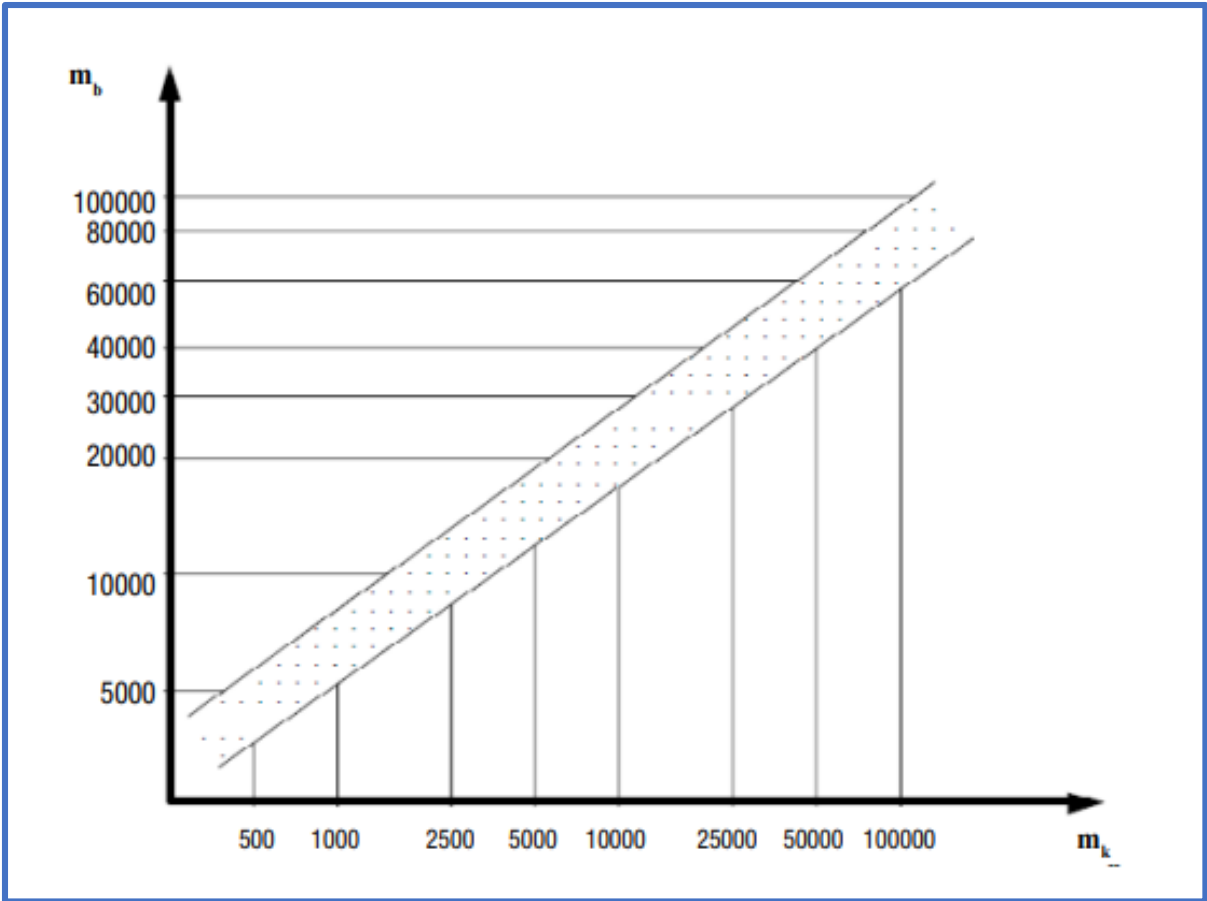


Figura 14. Relación entre la escala de la fotografía y de la cartografía

Fuente: (Quirós, 2014)

Dicha escala de las fotografías nos limitará la detección del tamaño de los objetos. Sabiendo que el límite de la percepción visual es de 0.2 mm. Si observamos con aparatos provistos de ampliación de la imagen, el límite pasa a ser 0.02 mm de manera que cada escala nos dará un tamaño mínimo de objeto distinto.

<b>1:5000</b>	<b>1:10000</b>	<b>1:20000</b>	<b>1:30000</b>
0.10 m	0.20 m	0.40 m	0.60 m

Tabla 1 Tamaño mínimo y elementos detectado con un instrumento de restitución

Fuente: (Quirós, 2014, )

Los siguientes elementos a tener en cuenta son, la distancia focal de la cámara y la altura de vuelo. La focal es un dato inherente a la cámara con la que se vaya a realizar el vuelo. Dicha magnitud, es un dato calibrado y corresponde con la distancia que existe desde el centro óptico del objetivo hasta el plano focal que es dónde se captura la imagen. La veremos con mayor detenimiento en capítulos posteriores. La altura de vuelo vendrá dada por las dos magnitudes anteriores.

$$M_b = \frac{l}{mb} = \frac{c}{H} \Rightarrow H = c \cdot mb$$

Figura 15 Relación entre escala fotográfica y altura de vuelo

Fuente: (Quirós, 2014 )

Tal y como se aprecia en la figura 45, esa altura H es la altura media sobre el terreno, que nada tiene que ver con la altura de vuelo sobre el nivel del mar H<sub>0</sub> (dato del altímetro).

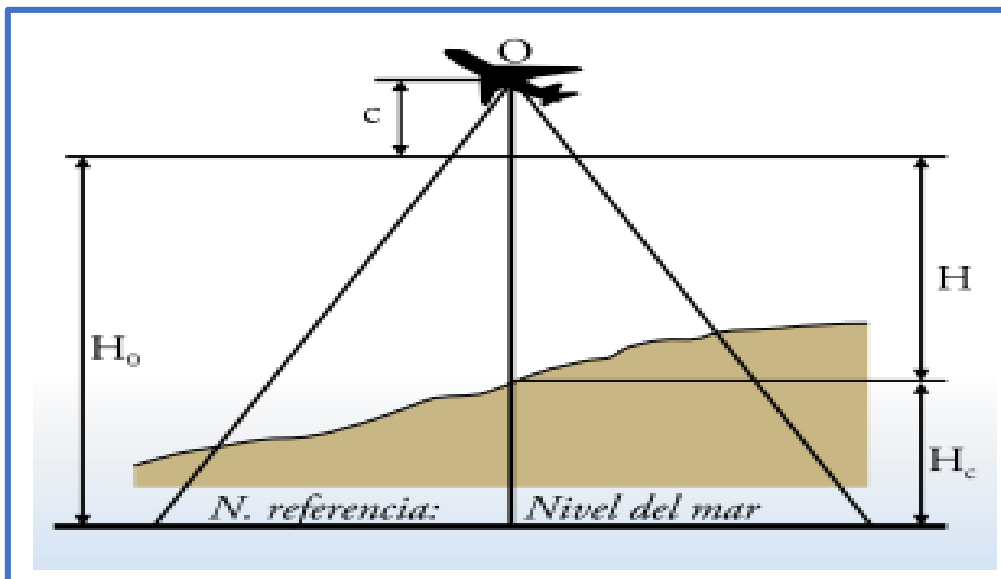


Figura 16. Altitud de Vuelo sobre el nivel del mar

Fuente: (Quirós, 2014)

#### 2.1.4.4. Ventajas y desventajas de la Fotogrametría respecto a la topografía clásica

La primera **ventaja**, se ha explicado en el apartado anterior y concierne al tema económico, aunque siempre dependiendo de la superficie a levantar. Otras ventajas son:

- Levantamientos más rápidos, en la fase de restitución en sí. Hay que tener en cuenta que a veces el vuelo fotogramétrico se demora si la climatología no es la adecuada.
- Si el terreno es de difícil acceso, la fotogrametría es la técnica adecuada, puesto que no se necesita acceder a todo el terreno. Sólo habría que visitar aquellas zonas en las que se emplacen los puntos de apoyo.
- Registro continuo de todo el terreno. Todos los detalles del terreno quedarían registrados en la fotografía. Sin embargo, mediante un levantamiento topográfico, sólo se dispondría de coordenadas de los puntos medidos, que supondría un número bastante limitado con respecto a la totalidad del terreno.

La única **desventaja** del levantamiento de planos o mapas por medios fotogramétricos aéreos sería:

- Ocultamiento de elementos por la vegetación. Si el terreno tiene demasiada vegetación, impide la visión de elementos que estén por debajo de ella. En ese caso, si es necesario el registro de coordenadas de esos elementos, se haría necesaria una medición en campo de dichos elementos, por topografía clásica.

#### 2.1.4.5. La medición en el proceso fotogramétrico digital

En este momento del proceso y en otra cobra gran importancia la medición automática en fotogrametría digital. Todas las mediciones en fotogrametría analógica y analítica se hacían mediante el sistema de marca flotante –el modelo virtual 3D– que formaba el aparato fotogramétrico, era recorrido por un índice (a modo de pequeño globo) que el operador iba posando en el terreno y recorriendo todo lo que se quería dibujar –curvas de nivel si siempre

sigue la misma cota ó detalles planimétricos– definiendo así de forma continua los puntos homólogos de ambos fotogramas. En fotogrametría digital surge el concepto de medición automática mediante identificación de imágenes homólogas (image matching). Se basa en complejas técnicas de reconocimiento de patrones mediante el barrido de una determinada área de las imágenes. En líneas generales se trata de encontrar de forma automática la imagen homóloga en un fotograma de la determinada en el otro. (Una misma imagen aparece en dos fotogramas contiguos, tomada desde dos puntos diferentes a lo largo de la trayectoria del avión). Se ha de partir de estar situados en las mismas zonas de búsqueda. Los sistemas de reconocimiento de imágenes (correspondencia) en los que se basa este proceso son: 1. SBM (symbolic based matching) (del inglés, to match.- emparejar). Se basa en propiedades topológicas (de proximidad, forma, etc...) definidas en BBDD con descripciones de objetos para identificar imágenes homólogas. 2. ABM (area based matching). Esta es la famosa correlación. Se estudia una ventana de píxeles de zonas similares en ambas imágenes intentando correlar el origen y el destino valorando los niveles radiométricos de cada píxel de la imagen (nivel de gris de cada píxel). El nivel de precisión de la correlación se estima por mínimos cuadrados. Es el sistema más extensamente utilizado. 3. FBM (feature based matching). Las ventanas de imagen y destino son agrupaciones de píxeles que representan formas (características) como puntos, líneas, etc... (Santos L. , 2005)

## **2.1.5. Imagen fotográfica digital**

### **2.1.5.1. Concepto**

Hoy en día, casi todas las imágenes fotogramétricas que se utilizan tienen formato digital, ya que la fotogrametría digital es la que más auge ha adquirido en estos tiempos. Dichas imágenes digitales lo son, o bien por su propia naturaleza (han sido capturadas por un sensor digital), o bien porque han sido transformadas a un formato digital mediante un escáner

fotogramétrico. Por esa razón, nos centraremos en ese tipo de imágenes en este capítulo, describiendo tanto su estructura, como su tratamiento.

Una imagen digital es una matriz bidimensional en la que cada unidad mínima de información es un píxel con coordenadas fila, columna (i,j). Cada píxel, tendrá un valor denominado Nivel Digital (Nd) que estará representado por un nivel de gris en pantalla. Esta composición de la imagen digital es la que corresponde con una imagen monobanda, o lo que es lo mismo: compuesta por sólo una matriz, y que se visualizaría en niveles de gris.

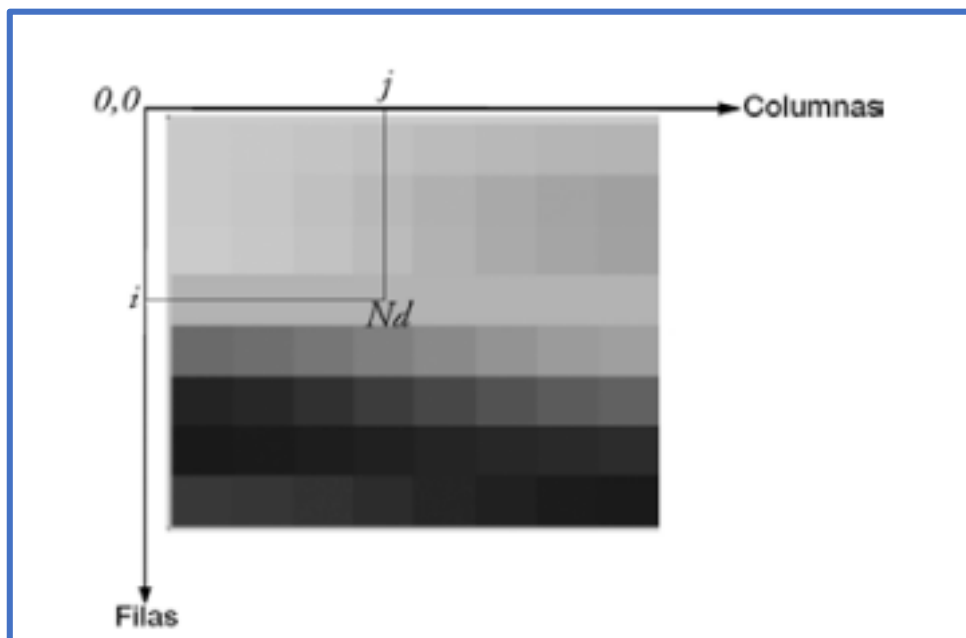


Figura 17. Imagen Digital

Fuente: (Quirós, 2014)

Sin embargo, las imágenes a color (RGB), tal y como se puede apreciar en la figura, están compuestas por tres matrices, una para el color rojo (Red), otra para el verde (Green) y otra para el azul (Blue).

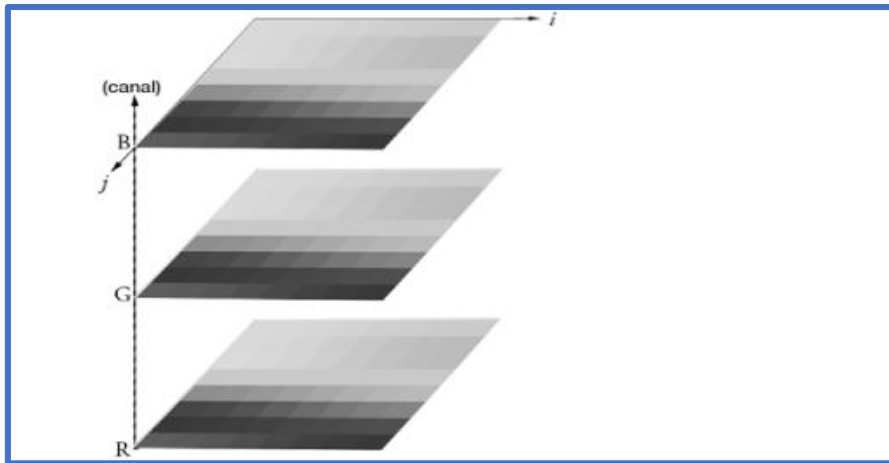


Figura 18. Imagen Digital en RGB

Fuente: (Quirós, 2014)

#### 2.1.5.2. Características de la imagen digital

- **Resolución Espacial**

La calidad de una imagen digital depende del tamaño del píxel, y es la denominada resolución. Si ese tamaño es demasiado grande, la imagen pierde información, pero si, por el contrario, es demasiado pequeño, la imagen tendría mucha calidad, con el inconveniente de que también necesitaría mucho espacio de almacenamiento. La unidad en la que se expresa la resolución es ppp (píxeles por pulgada). En el caso de imágenes aéreas, la resolución se denomina espacial y tiene correspondencia directa con el tamaño del píxel en el terreno (Ground Sample Distance ). La figura se muestra gráficamente a qué se refiere el término GSD.

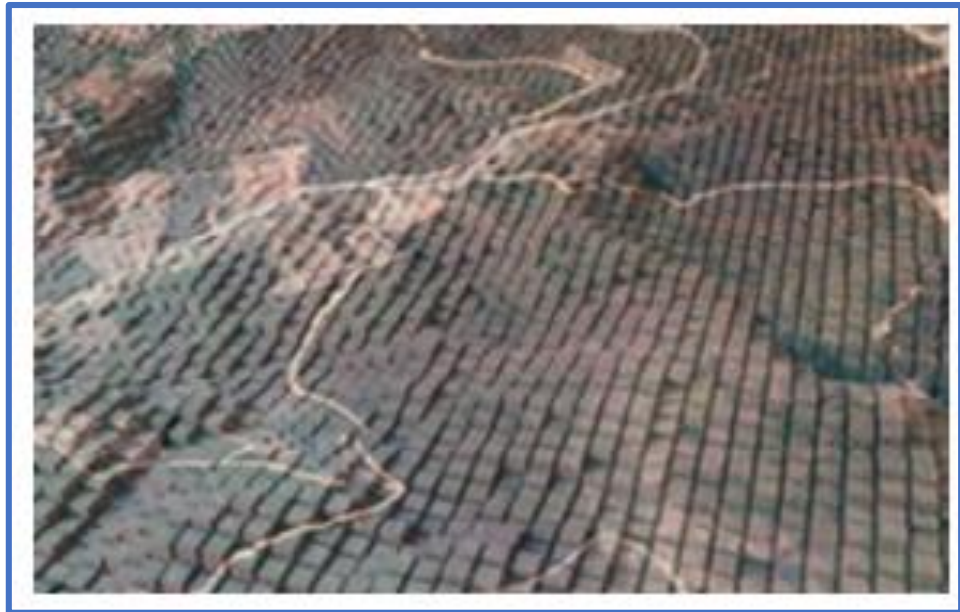


Figura 19. GSD

Fuente: (Quirós, 2014)

- **Dimensión**

La dimensión de la imagen indica el ancho y el alto de la imagen. Se suele expresar en cm, pulgadas o píxeles.

- **Profundidad de color**

La profundidad de color corresponde con el número de bits utilizados para describir el color de cada píxel. Tal y como se aprecia en la figura, cuanto mayor sea la profundidad, más colores habrá en la imagen. La relación entre el número de colores y la profundidad se expresa en la siguiente tabla.

Tabla 2. Profundidad de color

Profundidad	Colores $2^n$
1 bit	2
4 bit	16
8 bit	256
16 bit	65536
32 bit	4294967296

Fuente: (Quirós, 2014, p)

### 2.1.5.3. Píxeles

Las imágenes serán de mayor o menor calidad según su tamaño y la cantidad de píxeles. Se conoce como dimensiones de píxel a las medidas horizontales y verticales de una imagen, expresadas en píxeles. TAMAÑO. Ancho x alto (en píxeles) que tiene la imagen al 100%.



Figura 20. Tamaño de Imagen 100 x67

Fuente: (Cabrera, 2012)





Figura 21. Tamaño de Imagen 497x334

Fuente: (Cabrera, 2012)

La imagen digital consta de millones de celdillas organizadas en forma de retícula. El tamaño de la imagen viene definido por el tamaño de dicha retícula: lo definimos como el producto de la cantidad de píxeles de ancho por la cantidad de píxeles de alto de la imagen. Cuanto mayor es el número de píxeles de la imagen mayor es su calidad. Al visualizar las imágenes a un mismo tamaño se observa la peor calidad de la imagen con menor número de píxeles (la imagen se pixela).



Figura 22. Calidad de imagen con menor número de píxeles

Fuente: (Cabrera, 2012, p. 5)

#### **2.1.5.4. Imagen Vectorial**

Las imágenes o gráficos vectoriales o gráficos orientados a objetos están formados por elementos geométricos como el punto, las líneas recta o curva y los polígonos.

Cabrera (2012) establece que una imagen vectorial es una imagen digital formada por objetos geométricos independientes (segmentos, polígonos, arcos, etc.), cada uno de ellos definido por distintos atributos matemáticos de forma, de posición, de color, etc. Por ejemplo, un círculo de color rojo quedaría definido por la posición de su centro, su radio, el grosor de línea y su color.

Los llamados gráficos orientados a objetos son las imágenes vectoriales. Su tamaño es mucho más reducido, en comparación con los mapas de bits, porque el modo como organizan la información de una imagen es más simple que en aquellos. Dicha simplicidad radica en generar los objetos que conforman una imagen a través de trazos geométricos determinados por cálculos y fórmulas matemáticas. De manera tal que los gráficos vectoriales se visualizan a partir de las coordenadas de una línea guardadas como referencia, mismas que forman los objetos a partir de la definición matemática de los puntos y líneas rectas o curvas. (Ordoñez , 2005)

Así también Díaz (2010) señala que las imágenes vectoriales son gráficos formados a base de curvas y líneas a través de elementos geométricos definidos como vectores. La gran ventaja de las imágenes vectoriales es que no sufren pérdida de resolución al producirse una ampliación de los mismos. Se utiliza mucho para trabajos de rotulación, iconos, dibujos, logotipos de empresa, etc. Esta clase de imagen tiene poco peso como archivo informático, medido en Kilobytes.

### **2.1.5.5. Imágenes Raw**

RAW quiere decir «crudo» en inglés. Por lo tanto, se trata de un formato con el cual conservamos la foto cruda, sin procesar, como si no la hubiésemos tomado aún. Cuando disparamos una foto en el formato habitual JPG la cámara graba la imagen en la tarjeta de memoria de manera definitiva que no admite cambios posteriormente, o tal vez sí pero muy pocos. En cambio, si disparamos la foto en formato RAW pues en realidad estamos «conservando» de alguna manera la escena dentro de la tarjeta de memoria y así mantenemos la posibilidad de terminar de tomar la foto posteriormente, en nuestro ordenador.

Cuando con la cámara disparamos la foto en formato JPG la cámara graba la imagen de manera definitiva en la tarjeta de memoria en un formato (JPG) interpretable por cualquier software de fotografía. Además, en ese momento la cámara registra la foto con ciertos datos (balance de blancos, saturación, exposición, contraste, etc.) y prescinde de los demás datos innecesarios. De alguna manera la cámara comprime la foto o la empaqueta y la deja preparada para visualizar en cualquier momento, enviársela a algún amigo, publicarla en nuestro Facebook, etc.

Con el formato RAW puedes cambiar casi todo en la foto. Excepto detalles como el encuadre, la disposición de los objetos/sujeto, etc., lo demás casi todo lo puedes cambiar más tarde: puedes darle a la foto más exposición (luz), cambiarle el balance de blancos, darle más calidez o más frío, cambiarle la saturación, etc. Por ejemplo, todos sabemos que para disparar una foto en condiciones de poca luz se suele recurrir a altos valores de ISO, y eso provoca que la foto tenga ruido en las partes más oscuras. Pues bien, gracias al formato RAW podemos tranquilamente desde la comodidad de nuestra mesa de ordenador suprimir ese ruido, gracias a las posibilidades que nos ofrece el modo RAW. (Pérez, 2011)

### 2.1.5.6. Imágenes DGN

El formato de archivo DGN es un formato de ilustración 2D y 3D que funciona con la aplicación MicroStation. Estos archivos pueden ser fácilmente convertidos a una variedad de otros formatos de uso más general, como DWG. (Delgado, 2019)

### 2.1.5.7. Imágenes JPG

Este formato toma su nombre de Joint Photographic Experts Group, asociación que lo desarrolló. Se utiliza usualmente para almacenar fotografías y otras imágenes de tono continuo. Gracias a que utiliza un sistema de compresión que de forma eficiente reduce el tamaño de los archivos. En contraste con GIF, JPEG guarda toda la información referente al color con millones de colores (RGB) sin obtener archivos excesivamente grandes. Además, los navegadores actuales reconocen y muestran con fidelidad este formato. (Ordoñez , 2005)

Las imágenes son de mayor calidad que las GIF, al poder contener millones de colores, pero el tamaño de la imagen es mayor y tarda más en descargarse se utilizan más para fotos. Puedes cambiar el formato de las imágenes mediante la utilización de algún programa de tratamiento de imágenes, como pueden ser Fireworks, Photoshop, Corel Draw, etc. Dependiendo del programa utilizado existirá una mayor o menor cantidad de opciones a la hora de modificar las imágenes. Para realizar modificaciones sencillas, como la de recortar las imágenes y cambiar los colores, puedes utilizar incluso el programa Paint de Windows. (Díaz , 2010)

Tabla 3. Imagen JPG

Formato	Profundidad de Color	Modos Color	Canales Alfa	Compresión
JPEG (.jpg; .jpe)	24 bits	·Escala de Grises ·RGB ·CMYK	No	Si: con pérdidas

Fuente: (Ordoñez , 2005)

## 2.1.6. Vehículos Aéreos No Tripulados

### 2.1.6.1. Concepto

Un UAV, de sus siglas en inglés Unmanned Aerial Vehicle. Por definición, es un vehículo aéreo no tripulado reutilizable, capaz de mantener un vuelo controlado y sostenido. Esta definición es la que separa los UAV de los misiles. (Rovira, 2011) Un UAV es una aeronave sin piloto a bordo que puede ser controlado de forma remota o volar de forma automática mediante planes de vuelo pre-programados. Los UAVs se han utilizado mayoritariamente con fines militares. Sin embargo, su enorme potencial ha conducido a ser explotados en un amplio rango de aplicaciones civiles. En la actualidad los UAVs alojan dispositivos sensoriales que permiten coleccionar fotografías y videos de alta definición, los cuales mediante el proceso fotogramétrico digital pueden ser ortorectificados y así obtener mediciones aéreas de espacios urbanos o rurales, composición de mosaicos, cartografía base en escalas grandes.

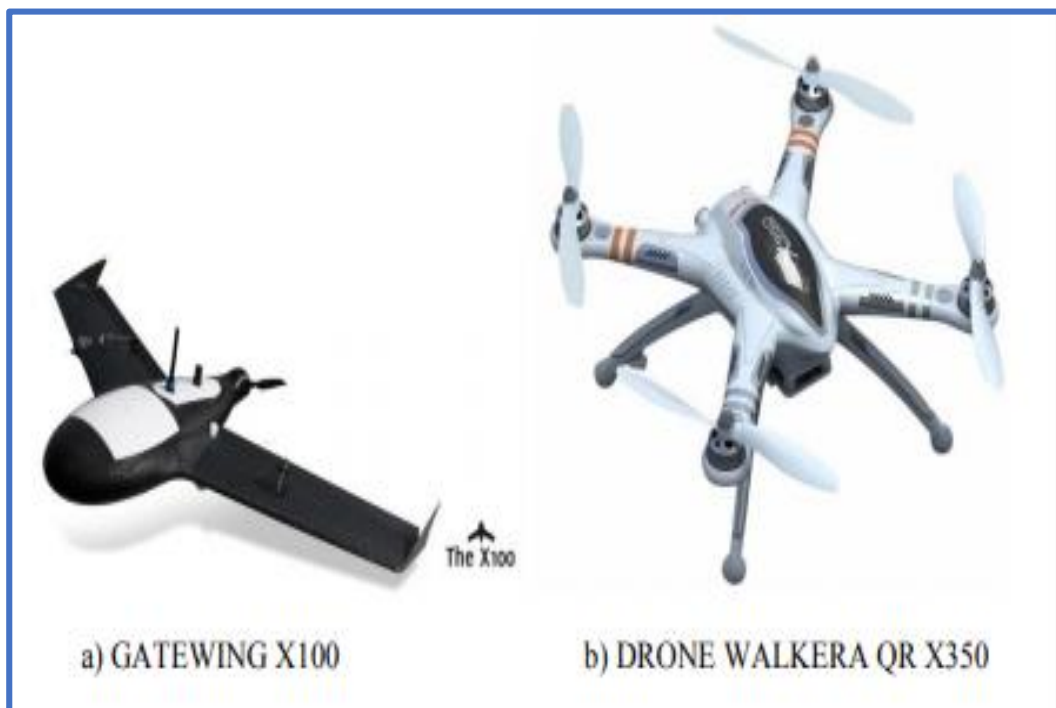


Figura 23. UAVs de (a) Ala fija y (b) Hélice.

Fuente: (Sani, 2015)

Existen distintos tipos de drones, de ala fija o con multirrotores y sensores que cuentan con características necesarias para determinados proyectos.

Tabla 4. Vehículos aéreos no tripulados

<p>Dron de ala fija eBee RTK senseFly; para levantamientos topográficos; tiempo de vuelo de 50 minutos; velocidad de vuelo (cruce) 40-90 km/h; cobertura máxima 12 km<sup>2</sup>; cámara de 18.2 mp; software de proceso Pix4Dmapper; generación de ortomosaicos y modelos digitales de elevación; compatible con estaciones base; precio aprox. 12,000 USD; <a href="https://www.sensefly.com/drones/ebee.html">https://www.sensefly.com/drones/ebee.html</a></p>	
<p>Dron multirrotor, Phantom 4, DJI; tiempo de vuelo 28 minutos; rango de 5km; cámara de 12.4 mp para toma de fotos y video; permite postproceso y generación de datos georreferidos. Precio aproximado \$35,000 pesos (sin impuestos).</p>	
<p>Dron multirrotor, Inspire 2, DJI; tiempo de vuelo 27 min; rango 5 km; cámara de 20.8 mp para toma de fotos y resolución 5k de video. Sensor 4/3: DJI Go 4; Precio aproximado 3,400 Euros.</p>	

Fuente: (Vazquez & Backhoff, 2017)



### **2.1.6.2. La revolución de los Drones**

Los drones revolucionan la recolección de datos y el mapeo, y dan lugar a grandes cambios y nuevas oportunidades en los campos de la gestión de suelo, políticas y defensa.

Los vehículos aéreos no tripulados (UAV) empezaron a usarse de forma generalizada en todo el mundo hace una década aproximadamente, cuando su costo cayó rápidamente en el mercado de consumo. En los países en vías de desarrollo y en las zonas que se urbanizan a toda velocidad, los drones se están convirtiendo en una herramienta esencial para garantizar los derechos territoriales, actualizar los mapas en línea en tiempo real y comprender los patrones de los asentamientos no planificados. Desde América Latina hasta Asia Meridional se están lanzando drones en los sectores de la información geoespacial y la gestión territorial. Esta actividad está a cargo de agrimensores, para definir parcelas urbanas específicas; tasadores, para determinar el valor de un terreno en un territorio periurbano; y empleados privados y públicos, para actualizar información territorial (Wihbey, 2016).

Los drones pueden poseer cámaras aéreas multiespectrales de formato pequeño y producir imágenes tanto del entorno visible como del espectro infrarrojo; esta capacidad técnica ofrece un complemento importante a la fotografía aérea tradicional e incluso a las imágenes satelitales de alta resolución. Dado que los UAV pueden volar muy bajo y seguir patrones estrechos y repetitivos, pueden crear imágenes detalladas con resolución de un centímetro o, mejor, permitir crear imágenes tridimensionales.

Además, su potencial democrático está generando entusiasmo, dado que dan más poder a los ciudadanos, a las organizaciones no gubernamentales y a otras redes informales más pequeñas. “Los drones marcarán la diferencia en los procesos de políticas y de toma de decisiones, dado que los ciudadanos participan en la creación de datos en momentos críticos”, destaca ingeniero tasador y experto en sistemas de gestión de suelo en América Latina. “Los

ciudadanos pueden controlarlos, tomar fotos de una situación y compartir los resultados con las autoridades. En situaciones que evolucionan a toda velocidad, en las que se observa la generación de asentamientos informales, extracciones de recursos no autorizadas o conflictos, los drones pueden ofrecer pruebas a los sistemas legales”.

### 2.1.6.3. Clasificación de los UAV

A la hora de establecer una clasificación para los UAV se pueden utilizar diferentes criterios. Tal vez el más simple sea el que se basa en el tipo de aeronave del UAV. De acuerdo a éste pueden distinguirse a aquellas de despegue vertical y las que no lo son, estando dentro de las primeras las de ala rotativa o hélice (helicópteros y quad-rotors entre otros), los de ala flexible (parapentes, ala delta) y los auto-sustentados (dirigibles y globos). Dentro de los de despegue no vertical, se encuentran los de ala fija (aeroplanos).

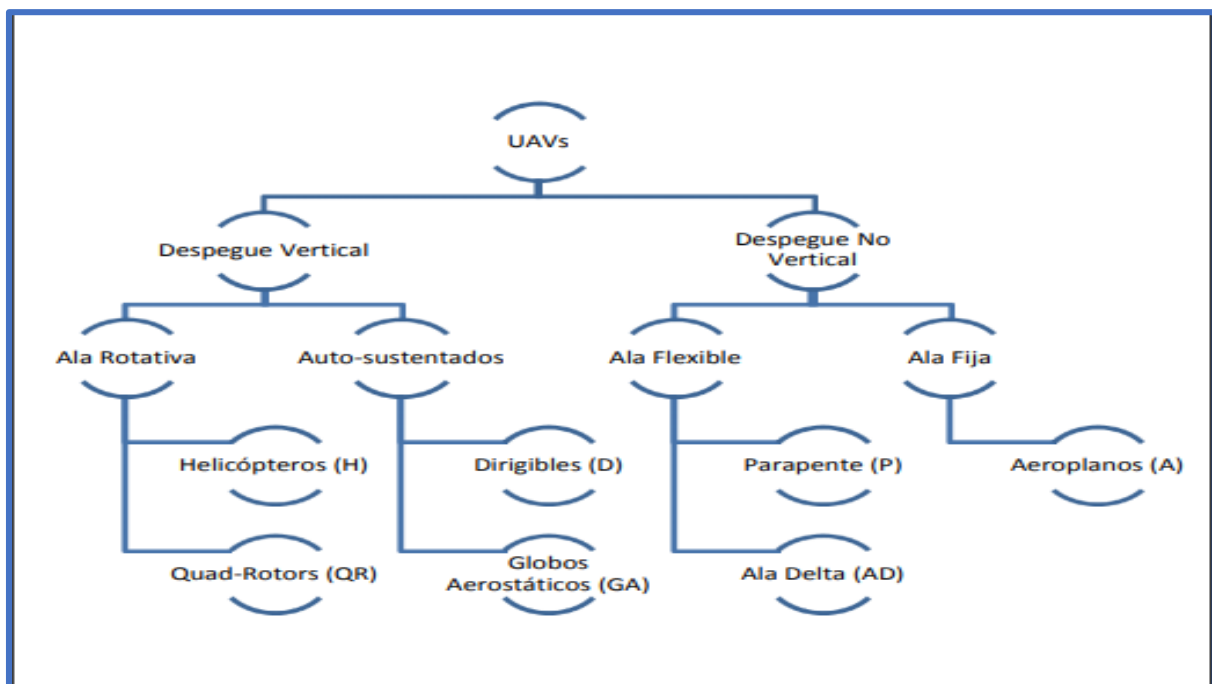


Figura 24. Clasificación de UAVs por el tipo de Aeronave y Despegue del equipo.

Fuente: (Sani, 2015)



La Asociación Internacional de Vehículos Aéreos no Tripulados (AUVSI, Por sus siglas en Ingles) clasifica los UAVs por sus capacidades como:

- Alcance
- Altitud
- Autonomía
- Carga Máxima al despegar

Hay que indicar que esta clasificación abarca todas las aplicaciones de los UAV, tanto civiles como militares, siendo estas últimas la mayoría. La mayor parte de los UAV actuales se encuentran dentro de la categoría Mini y Alcance Medio como se puede observar en la Tabla, siendo, el vehículo más frecuentemente utilizado el aeroplano.

Tabla 5. Clasificación de los UAV por sus capacidades de vuelo

Categoría	Acrónimo	Alcance (km)	Altitud de vuelo (m)	Autonomía (horas)	Carga máxima en despegue (kg)	Tipo de aeronave
Micro	μ(Micro)	< 10	250	1	< 5	H,A,otros
Mini	Mini	< 10	150 a 300	< 2	< 30	H,A, P, Otros
Alcance cercano	CR	10 a 30	3.000	2 a 4	150	H,A,P, Otros
Alcance corto	SR	30 a 70	3.000	3 a 6	200	A, Otros
Alcance medio	MR	70 a 200	5.000	6 a 10	1.250	A, Otros
Altitud baja Penetración profunda	LADP	> 250	50 a 9.000	0,5 a 1	350	A
Autonomía media	MRE	> 500	8.000	10 a 18	1.250	A,H
Autonomía alta Altitud baja	LALE	> 500	3.000	> 24	< 30	A
Autonomía alta Altitud media	MALE	> 500	14.000	24 a 48	1.500	A,H
Autonomía alta Altitud alta	HALE	> 2000	20.000	24 a 48	12.000	A
Combate	UCAV	aprox. 1500	10.000	aprox. 2	10.000	H,A
Ofensivo	LETH	300	4.000	3 a 4	250	A
Señuelo	DEC	0 a 500	5.000	< 4	250	A,H
Estratosférico	STRATO	> 2000	Entre 20.000 y 30.000	> 48	ND (no disponible)	A
Exo-estratosférico	EXO	ND	> 30.000	ND	ND	A

Fuente: (Sani, 2015)

#### 2.1.6.4. Aplicaciones

Si bien fue en el sector militar donde surgieron los UAV y el que ha impulsado su desarrollo, desde hace 15 años han surgido diferentes aplicaciones civiles, que han ampliado el interés, la investigación y el desarrollo de estos sistemas, a la vez que han originado nuevos requisitos en su operatividad, y generando un mayor espectro de sistemas. (Barrientos, Cerro, Gutiérrez, Martín, Martínez, & Rossi, 2007) Algunos ejemplos concretos son misiones en la gestión en la lucha contra incendios, en servicios para agricultura, seguridad, arquitectura, etc.

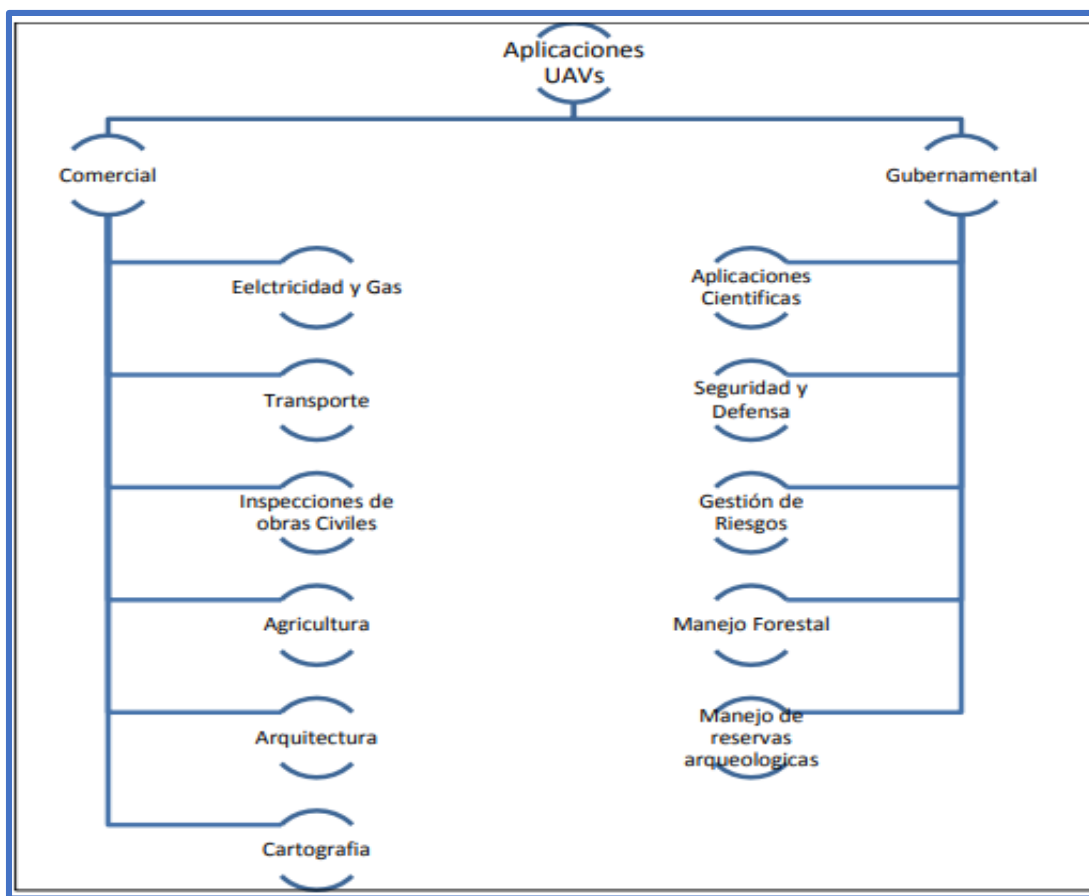


Figura 25. Aplicaciones UAV

Fuente: (Sani, 2015)

#### 2.1.6.5. Desafíos

Los drones podrían resultar ser una herramienta indispensable para afrontar los problemas extensos de uso de suelo que se espera que surjan en las siguientes décadas a medida

que el mundo se urbaniza velozmente, como viviendas inasequibles o escasez de suelo disponible para espacios abiertos .De hecho, pueden ofrecer una especie de “salto en rango” tecnológico parecido a la conectividad a Internet desde los celulares, que permitió a muchas personas y sociedades de los países en vías de desarrollo conectarse con la web sin la necesidad de tener líneas de banda ancha en el hogar. (Wihbey, 2016)

Zhi Liu, director del PLC, considera que los catastros multipropósito podrían ofrecer soluciones, pero muchas ciudades de Asia necesitarán avances tecnológicos, además de voluntad política y apoyo público, para mejorar y actualizar sus catastros, dado su crecimiento veloz. Los experimentos en las ciudades pequeñas y pueblos de China pueden resultar útiles para otras ciudades más grandes de la región, o incluso para países de todo el mundo.

Las normativas en toda América del Sur y Central evolucionan para mantenerse al día con el uso extendido de los drones como herramientas para actualizar las políticas de suelo en la región. Los funcionarios estiman que en 2015 había 20.000 drones en funcionamiento solo en Brasil, con funciones principales en la agricultura, minería, inspecciones de infraestructuras, seguridad y control de fronteras y la diagramación de zonas ambientales y ciudades (Erba & Piumetto, 2016). En mayo de 2017, gracias a este crecimiento, la Agência Nacional de Aviação Civil o ANAC de Brasil emitió nuevas normas de seguridad y operación, que citan y siguen específicamente definiciones de otras autoridades de aviación civil, como las que se encuentran en Estados Unidos y la Unión Europea (ANAC, 2017)

### **2.1.7. Definición y términos Básicos**

- **Geodesia**

Rama de la ciencia cuyo objetivo es determinar la Posición de Puntos sobre la Superficie de la Tierra y apoyados en ellos determinar la Forma y Dimensiones de una parte del terreno y/o de la Superficie de la Tierra, considerando la Curvatura de ella y a partir del

cual proporcionar los Mapas Nacionales e Internacionales sobre los que se asienta el desarrollo de una nación (Santos, Buendía, Calla, & Cruz, 2009).

- **Topografía**

Alcántara (2014) establece que es una ciencia aplicada que se encarga de determinar las posiciones relativas o absolutas de los puntos sobre la Tierra, así como la representación en un plano de una porción (limitada) de la superficie terrestre; es decir, estudia los métodos y procedimientos para hacer mediciones sobre el terreno y su representación gráfica o analítica a una escala determinada. También ejecuta replanteos (trazos) sobre el terreno para la realización de diversas obras de ingeniería, a partir de las condiciones del proyecto establecidas sobre un plano.

- **Mareas**

Cadena (2012) establece que la marea es "La variación periódica del nivel de un cuerpo de agua que asciende y desciende en respuesta a las interacciones gravitacionales entre el Sol, la Luna y la Tierra". La marea astronómica se refiere al ascenso y descenso del nivel del agua producido exclusivamente por las interacciones gravitacionales entre la Tierra, la Luna y el Sol. Estas interacciones son periódicas y predictibles, mientras la marea meteorológica se refiere al ascenso y descenso del nivel del agua provocado por acción del viento y las fluctuaciones en la presión atmosférica. Aunque en términos científicos la palabra marea suele significar marea astronómica, en el uso corriente se utiliza para referirse a los cambios en el nivel del agua provocados por cualquier combinación de procesos astronómicos y meteorológicos.

- **Fotogrametría**

Orellana (2006) la Fotogrametría es el arte, ciencia y tecnología de obtención de información confiable sobre los objetos físicos y el medio ambiente a través del proceso de registro, medición e interpretación de imágenes fotográficas, patrones de imágenes de radiancia electromagnética y otros (ASP 1980). Podríamos definir a la Fotogrametría, como la ciencia desarrollada para obtener medidas reales de objetos a partir de fotografías del mismo (tanto terrestres como aéreas), para la elaboración de mapas topográficos.

- **Imagen digital**

Una imagen digital es una matriz bidimensional en la que cada unidad mínima de información es un píxel con coordenadas fila, columna (i,j). Cada píxel, tendrá un valor denominado Nivel Digital (Nd) que estará representado por un nivel de gris en pantalla. Esta composición de la imagen digital es la que corresponde con una imagen monobanda, o lo que es lo mismo: compuesta por sólo una matriz, y que se visualizaría en niveles de gris. (Quirós, 2014)

- **Vehículo Aéreo no tripulado**

Es un vehículo aéreo no tripulado reusable, capaz de mantener un vuelo controlado y sostenido. Esta definición es la que separa los UAV de los misiles. (Rovira, 2011) Un UAV es una aeronave sin piloto a bordo que puede ser controlado de forma remota o volar de forma automática mediante planes de vuelo pre-programados. Los UAVs se han utilizado mayoritariamente con fines militares. Sin embargo, su enorme potencial ha conducido a ser explotados en un amplio rango de aplicaciones civiles. (Sani, 2015)

- **Escala**

La escala de un plano, es la relación fija que todas las distancias en el plano guardan con las distancias correspondientes en el terreno. Como generalmente se indican dimensiones en el plano o mapa es necesario indicar la escala a que se ha dibujado. (Escalante, 2017)

- **El ciclo de la marea**

Como bien sabemos, las mareas son los movimientos periódicos de ascenso y descenso de las aguas del mar. Sobre las causas que provocan este fenómeno volveremos con un poco más de detalle más adelante, aunque podemos adelantar ya que el estudio correcto y detallado de las causas de las mareas no es en absoluto trivial. De momento basta decir en esta introducción que la causa de las mareas es la atracción gravitatoria ejercida por la Luna y el Sol. El efecto de la primera es más importante, a pesar de que la Luna es mucho más pequeña que el Sol, debido a la proximidad de la Luna a la Tierra comparada con la distancia entre la Tierra y el Sol. (Sailantrip, 2016)

- **Mareógrafo**

El mareógrafo es un instrumento que se usa para registrar y medir las oscilaciones del nivel del mar (mareas). Existen varios tipos de mareógrafos por principio de funcionamiento, así tenemos: mareógrafo de flotador, de presión, acústicos y radáricos (Marina de guerra del Perú, 2013).

- **Amplitud de la marea**

Las mareas no se manifiestan en iguales proporciones en todos los lugares, pueden variar en distancias cortas a lo largo de la costa, debido principalmente a la configuración de la misma, ya que influyen variantes como la latitud, profundidad, morfología de costa, etc. Asimismo, durante el mes, las alturas de la marea varían de acuerdo con la intensidad de la

fuerza que la produce y la ubicación geográfica, aunque puede haber un retardo de uno ó dos días entre una causa astronómica particular y el efecto de la marea. (Marina de guerra del Perú, 2013).

- **Imagen fotográfica digital**

Hoy en día, casi todas las imágenes fotogramétricas que se utilizan tienen formato digital, ya que la fotogrametría digital es la que más auge ha adquirido en estos tiempos. Dichas imágenes digitales lo son, o bien por su propia naturaleza (han sido capturadas por un sensor digital), o bien porque han sido transformadas a un formato digital mediante un escáner fotogramétrico. Por esa razón, nos centraremos en ese tipo de imágenes en este capítulo, describiendo tanto su estructura, como su tratamiento (Quirós, 2014)

- **Precisión**

Grado de consistencia entre los valores observados de una determinada magnitud o su repetitividad basada en el grado de discrepancia entre los valores observados.

- **Proyección cartográfica o proyección geográfica**

Es un sistema de representación gráfica que establece una relación ordenada entre los puntos de la superficie curva de la Tierra y los de una superficie plana (mapa). Estos puntos se localizan auxiliándose en una red de meridianos y paralelos, en forma de malla.

- **Geodesia**

Es la ciencia que estudia la forma y dimensiones de la Tierra. Esto incluye la determinación del campo gravitatorio externo de la tierra y la superficie del fondo oceánico.

- **Estaciones de rastreo permanente (ERP)**

Se define como el conjunto de estaciones de monitoreo continuo de datos de GNSS, distribuidas estratégicamente en el territorio nacional, que materializan el Sistema Geodésico Nacional.

- **Elipsoide de Referencia**

Figura matemática considerada la mejor aproximación local o global de la forma de la Tierra, siendo sus parámetros: Semieje mayor  $a$  (ecuatorial) Semieje menor  $b$  (polar) Aplanamiento  $\alpha$  Excentricidad  $e$

- **Coordenadas UTM**

Valores numéricos Norte y Este que permiten representar la posición horizontal de un punto en una Zona de la Proyección.

- **Coordenadas Geográficas**

Son los Valores de Latitud y de Longitud que indican la posición horizontal de un punto sobre la superficie de la Tierra en un mapa.

- **Altimetría**

En cartografía, es la altitud del terreno diferenciado por la representación de curvas de nivel y cotas.

- **Altitud**

Es la distancia vertical desde un punto del terreno al nivel medio del mar. La expresión numérica de la altitud se denomina cota.



- **Altura**

Distancia vertical desde un punto del terreno hasta un plano de comparación horizontal cualquiera.

- **Amplitud de Marea**

La diferencia de altura entre pleamares y bajamares consecutivas

- **Análisis armónico**

Proceso matemático por el cual la marea o corriente de marea observada en un lugar dado, puede ser expresado como la separación o sumatoria de sus componentes armónicos básicos.

- **Bajamar**

Altura mínima alcanzada por una marea decreciente o vaciante en un día cualquiera

- **Registro mareográficos o Mareograma**

Representación gráfica de las oscilaciones del nivel del mar, debidas a las acciones lunisolares y que además incluye todos los agentes perturbados ajenos a la marea misma. Esta curva es representada por los mareógrafos y se aproxima a la curva del coseno para una marea normal.

- **Datum de la carta**

Es el nivel de referencia al cual se refieren los sondajes en una carta. Por lo general corresponde a la elevación del Nivel Medio de Bajamares de Sicigias Ordinarias, se representa mediante símbolo Zo.

### 2.1.8. Siglas y Acronicos

- **GPS:** Global Positioning System (Sistema de posicionamiento global)
- **GNSS:** Global navigation satellite systems (Sistema global de navegación por satélite)
- **IGN:** Instituto Geográfico Nacional
- **HIDRONAV:** Dirección de Hidrografía y Navegación
- **PIXEL:** Picture Element (Elemento de Imagen)
- **RGB:** Red, Green, Blue (Rojo, Verde y Azul)
- **UTM:** Universal Transversa de Mercator

### **III. MÉTODOS**

#### **3.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN**

La presente investigación es cuantitativa, ya que es secuencial y probatorio. Cada etapa precede a la siguiente y no se debe eludir pasos, el orden es riguroso; se miden las variables en un determinado contexto y se analizan las mediciones obtenidas para establecer una serie de conclusiones respecto a las hipótesis. (Hernández Sampieri, Fernández Callado, & Baptista Lucio, 2010, pág. 4)

La investigación cuantitativa nos ofrece la posibilidad de generalizar los resultados más ampliamente, nos otorga control sobre los fenómenos, así como un punto de vista de conteo y las magnitudes de éstos. Asimismo, nos brinda una gran posibilidad de réplica y un enfoque sobre puntos específicos de los fenómenos, además de que facilita la comparación entre estudios similares.

#### **3.2. NIVEL DE LA INVESTIGACIÓN**

La investigación es de nivel descriptivo. Este tipo de investigación "consiste en describir las partes o los rasgos de fenómenos fácticos o formales de la Ingeniería" (Aranzamendi Ninacondor, 2010, pág. 261)

Se ocupa de detallar las características del fenómeno en estudio, clasificándolos, analizándolos o dando cuenta de sus elementos diferenciales (...) se realiza descripción, análisis e interpretación de la naturaleza de los fenómenos. Se trata de un análisis situacional, respecto a hechos sobre la actualidad" (Ramírez Erazo, 2010, pág. 200).

"(...) describen cómo es y cómo se manifiesta determinado fenómeno. Buscan especificar las propiedades importantes de personas, grupos o comunidades" (Riega-Virú, 2010, pág. 90).

### 3.3. ÁMBITO TEMPORAL Y ESPACIAL

#### 3.3.1. Descripción del área de estudio

##### 3.3.1.1. Ubicación Geográfica

El área de estudio se encuentra ubicada en la playa CURAYACU, distrito de San Bartolo, provincia y departamento de Lima.

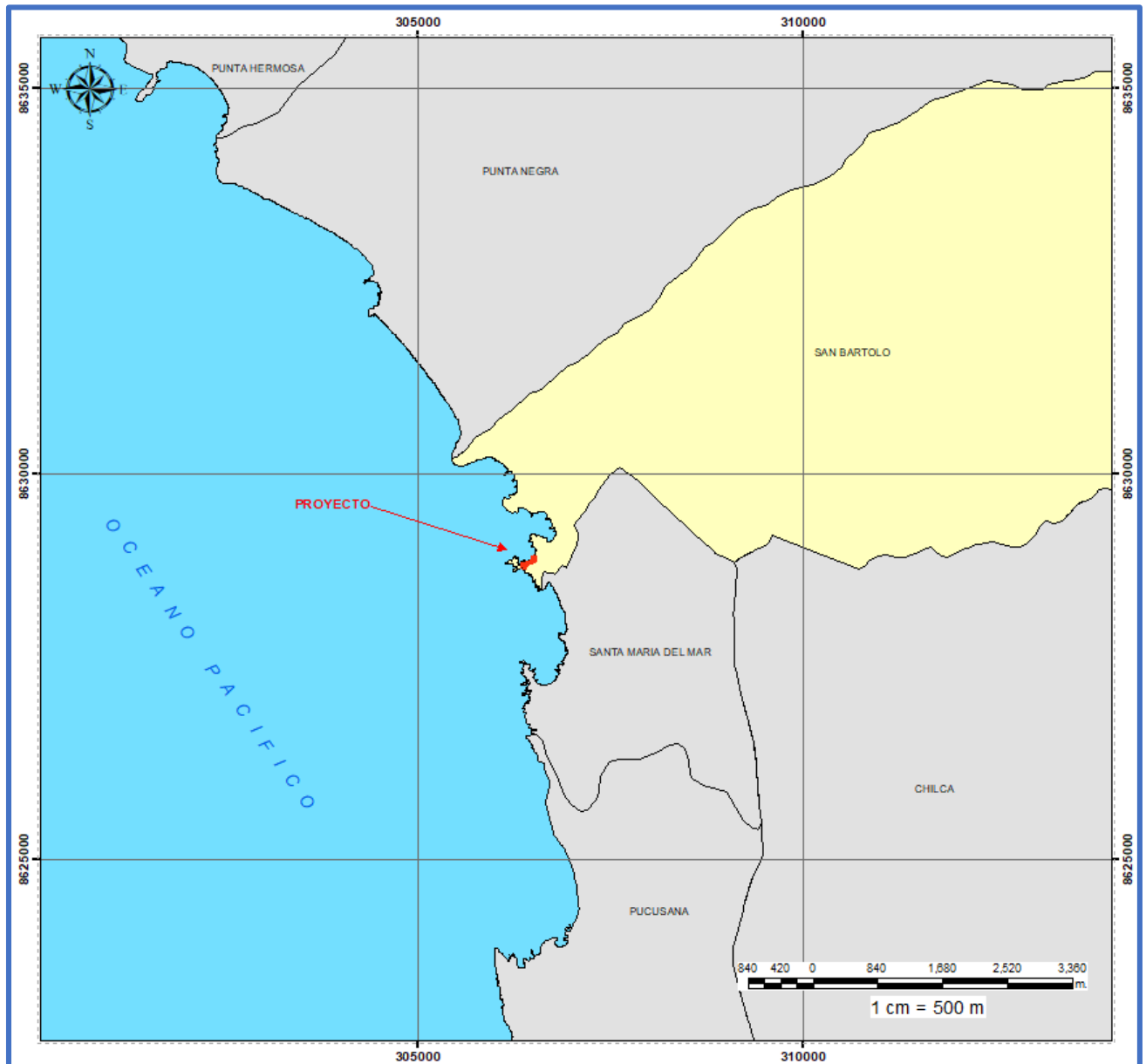


Figura 26 Ubicación

Fuente: (Elaboración Propia)

### **3.2.1.2. Descripción morfológica del área de estudio**

De punta Cascajal la costa sigue dirección en dirección SE formando 2 entrantes con acantilados de regular altura que están ceñidas por estrechas playas, separadas por la punta el Bufadero, donde se ha colocado una cruz en posición  $12^{\circ} 23' 27''$  S,  $76^{\circ} 46' 57''$  W.

La punta El Bufadero despide do peñascos, uno hacia el norte y el otro orientado en dirección SW.

Al lado N se encuentra la punta Peñascal donde esta edificado un centro de esparcimiento y la playa Ribera Sur, donde también existen 3 espigones; en ambas entrantes hay numerosas edificaciones al pie y en la parte alta de los acantilados, que sirven de residencia a los moradores de la ciudad de Lima y distritos aledaños en épocas de verano.

La playa Curayacu es un pequeño seno que labra la costa inmediata a su ribera en el lado S de San Bartolo con un arrecife situado hacia el lado SW, cuyo islote principal es conocido con el nombre de Curayacu; este islote, el cual se encuentra unido a tierra a través de un dique de concreto, tiene aproximadamente 50 metros de longitud y 4 metros de altura en el cual el mar rompe con fuerza.

En la playa y en el acantilado rocoso existen edificios e instalaciones para recreación en época de verano, de uso particular.

La playa Curayacu en general es una playa regular de aproximadamente 250 metros de largo de geomorfología casi recta y está constituida de arena fina semi compacta, la playa anterior tiene una pendiente suave donde las olas se extiende por sobre el nivel medio del mar y hasta alcanzar las bases de los cerros cubiertos de arena de bastante gradiente y altura que respaldan dicha playa.

Asimismo, el sector de playa correspondiente al área de estudio, se caracteriza por presentar peñolera muy cercana al islote antes mencionado, asimismo la playa anterior se caracteriza por presentar una gradiente media hasta llegar al talud del cerro (40 metros s.n.m.b.so.), para luego continuar con poca gradiente tierra adentro hasta llegar a la base de una prominencia cubierta de arena (cerro), de bastante gradiente la cual corta la zona de dominio restringido.

Asimismo, es importante recalcar que las playas de la costa peruana sufren procesos estacionales e interanuales de sedimentación y erosión, que decrecen durante el invierno o en los períodos de oleajes anómalos también conocidos como bravezas de mar, luego de los cuales se restauran durante el verano, manteniendo en el tiempo un estado de equilibrio dinámico con ligeras variaciones de la línea de costa.

Sin embargo, eventualmente, y de acuerdo a la presencia de procesos naturales anómalos como el fenómeno de El Niño o la interferencia del hombre en las tasas de erosión y sedimentación, éstas pueden variar de tal manera que causan cambios drásticos en la morfología de las costas.

### **3.2.1.3. Vías de acceso**

El acceso al Distrito de San Bartolo, se realiza por la vía panamericana sur a la altura del Km. 48, ingresando por una pista alterna en dirección hacia el mar, a unos 45 minutos de la ciudad de Lima. Las vías principales del distrito de San Bartolo están conformadas por el sistema nacional, departamental y vecinal, desde la carretera Panamericana Sur y la malla vial del núcleo urbano de la ciudad de San Bartolo, donde se aprecia las siguientes vías:

Tabla 6 Vías locales del distrito de San Bartolo

<b>Nombre de Vías</b>	<b>Nombre de vías</b>
Avenida Acantilados	Las Rocas
Bruno Velásquez Tello	Los Canarios
Del Golf	Tarapacá
Cruz de Hueso	Los Carabelas
Enrique Schemel Vargas	Los Delfines
El Bosque	Los Flamencos
El Zorzal	Los Galápagos
Francisco Bolognesi	Los Gaviotines
Las Alondras	Los Islotes
Las Brisas	Los Ruiseñores
Las Espumas	Malecón José de San Martín
Las Garzas	Malecón Rivera Norte
Las Gaviotas	Mar Pacífico Sur
Las Golondrinas	Miguel Grau
Las Palomas	Ramón Castilla
Las Palmeras	San Bartolo
Las Perlititas	Vladislao Salirrosas Diaz
San José	

Fuente: (Municipalidad de San Bartolo, 2013)

### 3.2.1.4. Límites

Los límites del Distrito de San Bartolo, son los siguientes:

- Por el Norte: Con el Distrito de Punta Negra.
- Por el Este: Con el distrito de Santo Domingo de los Olleros.
- Por el Sur: Con los Distritos de Santa María del Mar y Chilca.
- Por el Oeste: Con el Océano Pacífico.

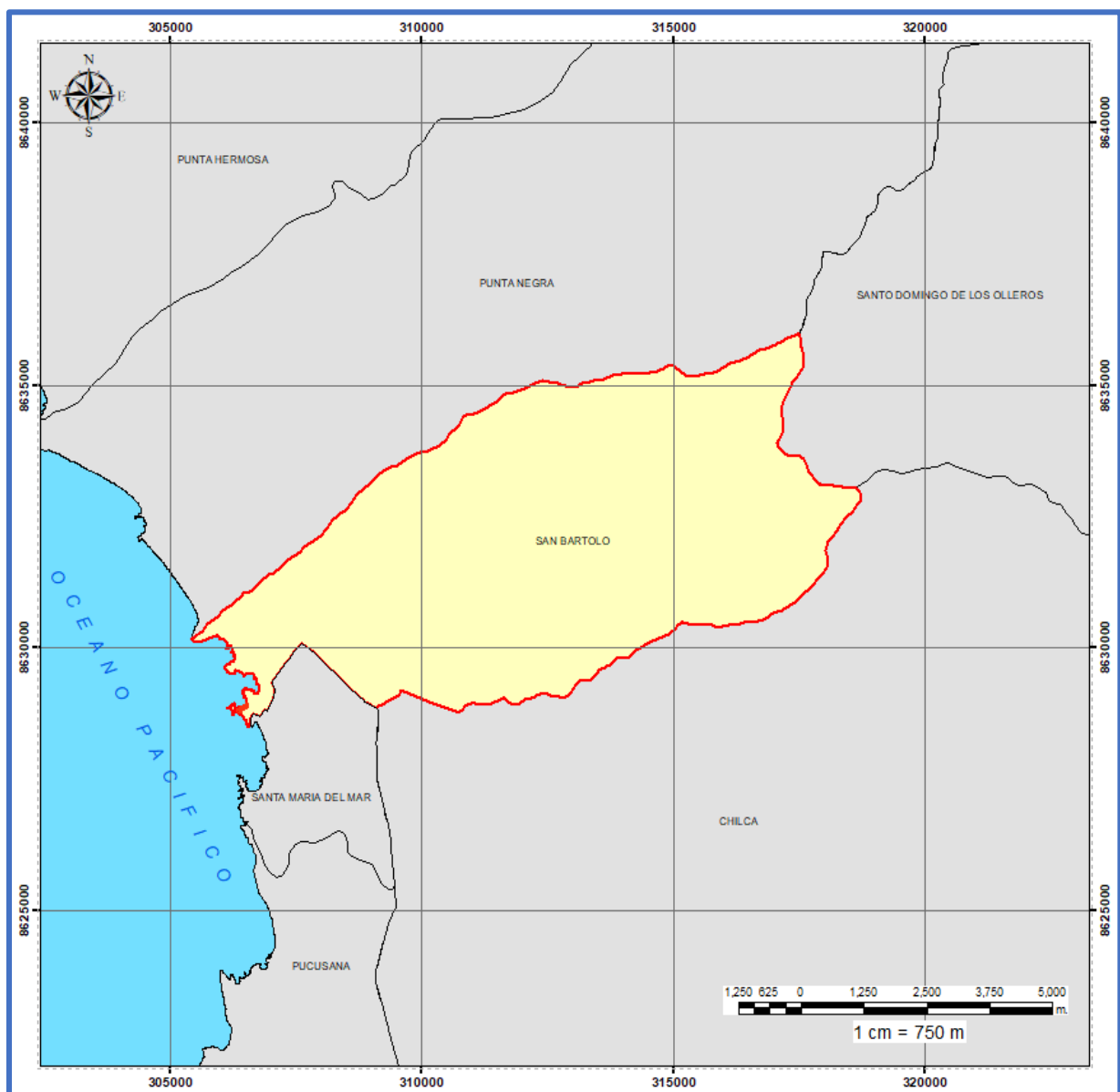


Figura 27 Límites distritales

Fuente: (Elaboración Propia)



### **3.4. ASPECTO FÍSICO**

#### **3.4.1. Clima**

En San Bartolo, los veranos son caliente, bochornosos, áridos y nublados y los inviernos son largos, cómodos, secos y mayormente despejados. Durante el transcurso del año, la temperatura generalmente varía de 16 °C a 27 °C y rara vez baja a menos de 15 °C o sube a más de 30 °C.

#### **3.4.2. Temperatura**

La temporada templada dura 3,1 meses, del 3 de enero al 6 de abril, y la temperatura máxima promedio diaria es más de 26 °C. El día más caluroso del año es el 20 de febrero, con una temperatura máxima promedio de 27 °C y una temperatura mínima promedio de 21 °C.

La temporada fresca dura 4,2 meses, del 11 de junio al 17 de octubre, y la temperatura máxima promedio diaria es menos de 21 °C. El día más frío del año es el 15 de agosto, con una temperatura mínima promedio de 16 °C y máxima promedio de 20 °C.

(Continúa en la siguiente página)

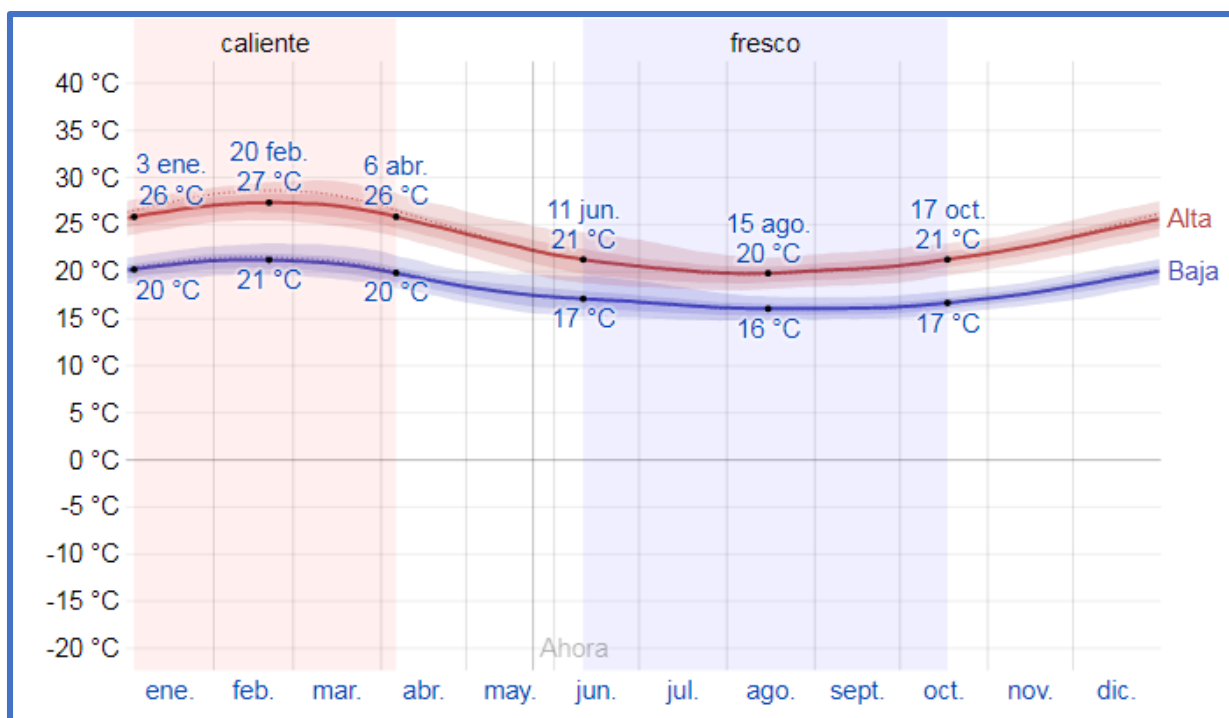


Figura 28 Temperatura máxima y mínima promedio

Fuente: (Weather Spark, 2019)

La temperatura máxima (línea roja) y la temperatura mínima (línea azul) promedio diario con las bandas de los percentiles 25° a 75°, y 10° a 90°. Las líneas delgadas punteadas son las temperaturas promedio percibidas correspondientes.

- **Nubes**

En San Bartolo, el promedio del porcentaje del cielo cubierto con nubes varía extremadamente en el transcurso del año.

La parte más despejada del año en San Bartolo comienza aproximadamente el 16 de abril; dura 6,2 meses y se termina aproximadamente el 23 de octubre. El 8 de agosto, el día más despejado del año, el cielo está despejado, mayormente despejado o parcialmente nublado el 74 % del tiempo y nublado o mayormente nublado el 26 % del tiempo.

La parte más nublada del año comienza aproximadamente el 23 de octubre; dura 5,8 meses y se termina aproximadamente el 16 de abril. El 20 de febrero, el día más nublado del año, el

cielo está nublado o mayormente nublado el 80 % del tiempo y despejado, mayormente despejado o parcialmente nublado el 20 % del tiempo.

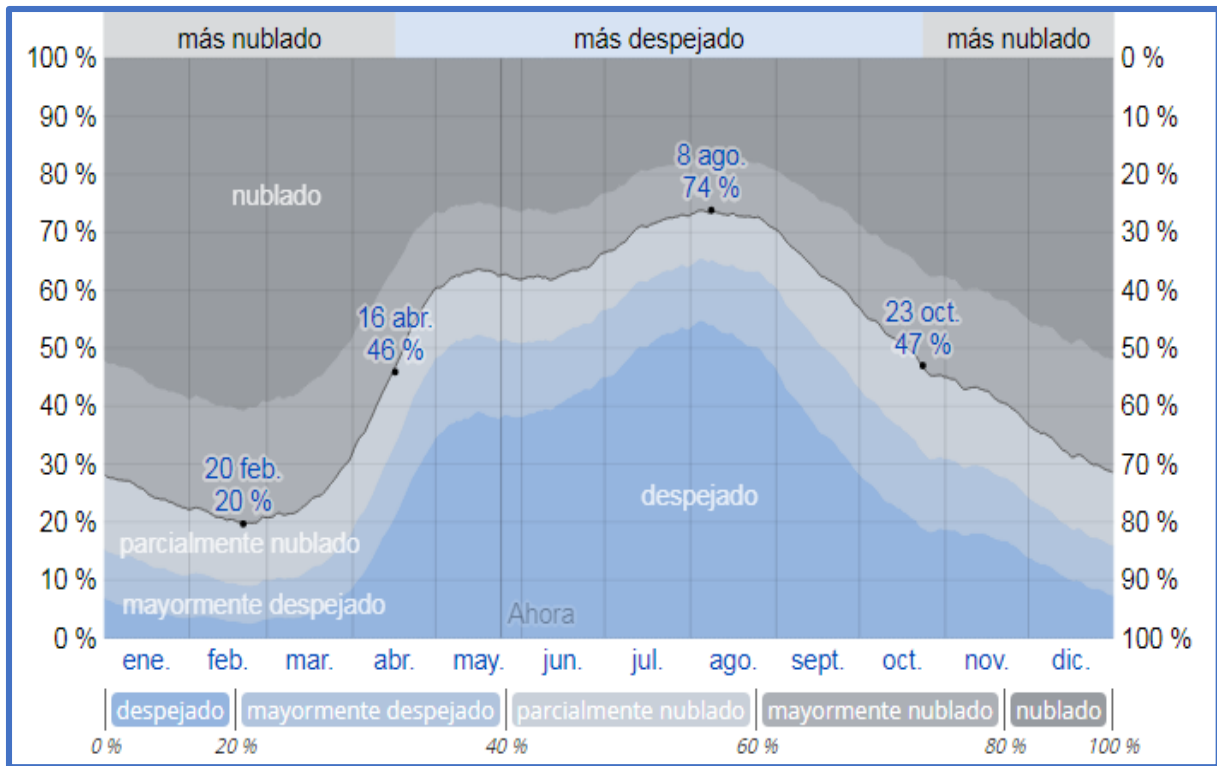


Figura 29 Categorías de nubosidad

Fuente: (Weather Spark, 2019)

El porcentaje de tiempo pasado en cada banda de cobertura de nubes, categorizado según el porcentaje del cielo cubierto de nubes.

- **Sol**

La duración del día en San Bartolo no varía considerablemente durante el año, solamente varía 51 minutos de las 12 horas en todo el año. En 2019, el día más corto es el 21 de junio, con 11 horas y 24 minutos de luz natural; el día más largo es el 21 de diciembre, con 12 horas y 52 minutos de luz natural.

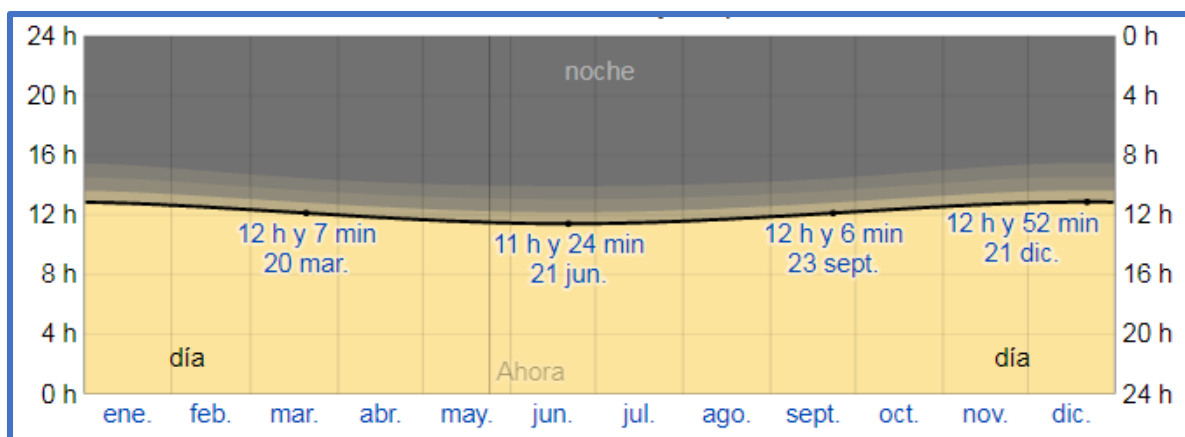


Figura 30 Horas de Luz natural y crepúsculo

Fuente: (Weather Spark, 2019)

La cantidad de horas durante las cuales el sol está visible (línea negra). De abajo (más amarillo) hacia arriba (más gris), las bandas de color indican: luz natural total, crepúsculo (civil, náutico y astronómico) y noche total.

### 3.4.3. Viento

Esta sección trata sobre el vector de viento promedio por hora del área ancha (velocidad y dirección) a 10 metros sobre el suelo. El viento de cierta ubicación depende en gran medida de la topografía local y de otros factores; y la velocidad instantánea y dirección del viento varían más ampliamente que los promedios por hora.

La velocidad promedio del viento por hora en San Bartolo tiene variaciones estacionales leves en el transcurso del año.

La parte más ventosa del año dura 7,2 meses, del 13 de mayo al 19 de diciembre, con velocidades promedio del viento de más de 12,5 kilómetros por hora. El día más ventoso del año es el 10 de agosto, con una velocidad promedio del viento de 14,4 kilómetros por hora.

El tiempo más calmado del año dura 4,8 meses, del 19 de diciembre al 13 de mayo. El día más calmado del año es el 10 de marzo, con una velocidad promedio del viento de 10,7 kilómetros por hora.

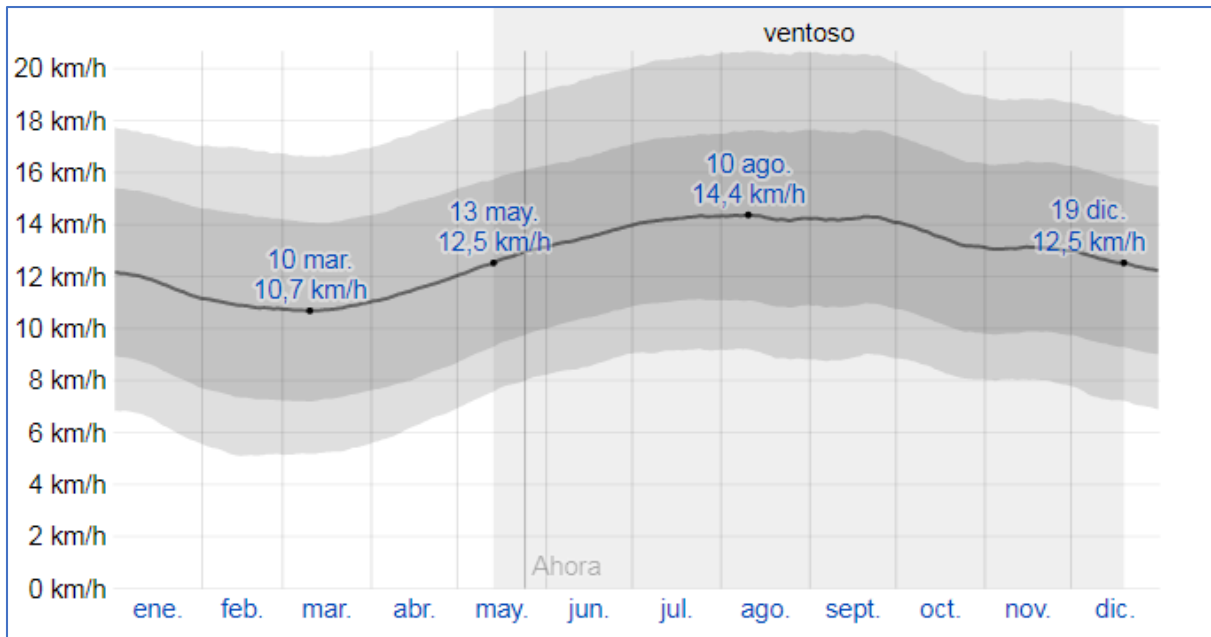


Figura 31 Velocidad promedio del viento

Fuente: (Weather Spark, 2019)

El promedio de la velocidad media del viento por hora (línea gris oscuro), con las bandas de percentil 25° a 75° y 10° a 90°.

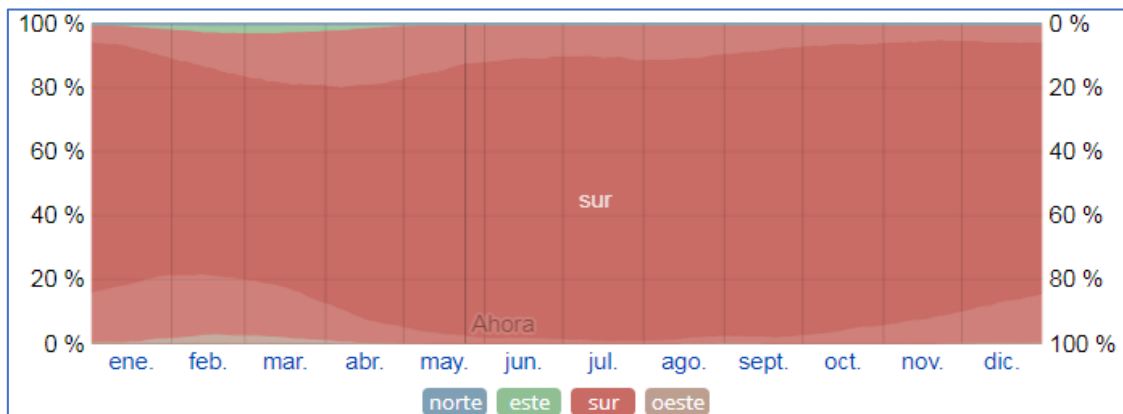


Figura 32 Dirección del viento

Fuente: (Weather Spark, 2019)

El porcentaje de horas en las que la dirección media del viento viene de cada uno de los cuatro puntos cardinales, excluidas las horas en que la velocidad media del viento es menos de 1,6 km/h. Las áreas de colores claros en los límites son el porcentaje de horas que pasa en las direcciones intermedias implícitas (noreste, sureste, suroeste y noroeste).

### 3.4.4. Topografía

Para fines de este informe, las coordenadas geográficas de San Bartolo son latitud: -12,383°, longitud: -76,783°, y elevación: 36 m.

La topografía en un radio de 3 kilómetros de San Bartolo tiene variaciones grandes de altitud, con un cambio máximo de altitud de 161 metros y una altitud promedio sobre el nivel del mar de 31 metros. En un radio de 16 kilómetros contiene variaciones grandes de altitud (1.204 metros). En un radio de 80 kilómetros también contiene variaciones extremas de altitud (5.271 metros).

El área en un radio de 3 kilómetros de San Bartolo está cubierta de tierra rasa (46 %), agua (41 %) y vegetación escasa (10 %), en un radio de 16 kilómetros de agua (42 %) y vegetación escasa (20 %) y en un radio de 80 kilómetros de agua (49 %) y vegetación escasa (18 %).

## 3.5. VARIABLES

### 3.5.1. Variable Independientes

La variable independiente de la presente investigación estará representada por la línea de más alta marea.

Tabla 7 Variable Independiente

VARIABLE INDEPENDIENTE	METODO	DIMENSION	INDICADOR	INSTRUMENTO
LINEA DE MAS ALTA MAREA	TRADICIONAL	PUNTO DE APOYO GEODESICO	VALOR DE COORDENADAS UTM	GPS DIFERENCIAL
		MAREAS	VALOR ALTURA DE MAREA	MAREOGRAFO
		TOPOGRAFIA	VALOR DE ANGULOS Y DISTANCIAS	ESTACION TOTAL
	VEHICULO AEREO NO TRIPULADO - UAV	PUNTO DE APOYO GEODESICO	VALOR DE COORDENADAS UTM	GPS DIFERENCIAL
		MAREAS	VALOR ALTURA DE MAREA	MAREOGRAFO
		FOTOGRAMETRIA	VALOR DE NUBE DE PUNTOS	DRONE

Fuente: Elaboración Propia

### 3.5.2. Variable Dependiente

La variable dependiente de la presente investigación esta representada por la propuesta metodológica:

Tabla 8 Variable Dependiente

Variable Dependiente	Indicadores
Propuesta metodológica.	<ul style="list-style-type: none"><li>• Demarcación de la LAM</li></ul>

Fuente: Elaboración propia

## 3.6. POBLACIÓN Y MUESTRA

### 3.6.1. Población

La población está representada por las playas ubicadas en el litoral peruano.

### 3.6.2. Muestra

La muestra operacional de la presente investigación será efectuada en el departamento y provincia de Lima, distrito de San Bartolo, playa Curayacu.

## 3.7. INSTRUMENTOS

### 3.7.1. Materiales

- Útiles de escritorio (lapiceros, lápices, borrador, tajador, regla).
- Hojas bond A4.
- Dispositivo de Almacenamiento Masivo (USB).
- Disco Duro Portátil
- Spray

- iPhone 7, Modelo A1660
- Laptop
- DRONE Phantom, Modelo: 4 Pro.

### 3.7.2. Equipos

Para la realización de las mediciones, observaciones y registros en el campo, se emplean los siguientes equipos, instrumentos y materiales:

- a) Equipos Topográficos
  - UNA (01) Estación Total LEICA

## ESTACION TOTAL LEICA TCR 403

Home > ESTACION TOTAL LEICA TCR 403



- Aumento de anteojo: 30X
- Precisión angular: 3".
- Precisión lineal: 2mm.+2ppm.
- Resolución de Pantalla: 1".
- Medición de distancias con reflector (Rayo Infrarrojo):
- con 1 miniprisma 1000m.
- con 1 prisma 3500m.
- con 3 prisma 5400m.
- Alcance aprox. con diana reflectante 60x60cm: 300m.
- Memoria Interna: 10000 puntos
- Intercambio de datos: IDEX/GSI/DXF/ Formatos flexibles.
- Plomada láser y Nivel Electrónico.
- Peso con base nivelante y batería: 4.98Kg.
- Pantalla: LCD (08 líneas x 24 caracteres)
- Temperatura de operación: -20°C a +50°C


**Programas incorporados:**  
Topografía, Replanteo, Superficie, Distancia entre dos puntos, Estación Libre y Línea de referencia

Figura 33 Estación Total Leica TCR 403

Fuente: (BooMap, 2016)



- UN (1) GPS Geodésico TOPCON HIPER II




**MARCA : TOPCON**  
**MODELO : HIPER II**  
**PROC. : JAPON**

RASTREO

- Señal: GPS L1CA, L1/L2-code, L2C; Glonass L1/L2 CA, L1/L2-code; SBAS WAAS, EGNOS, MSAS
- Canales: 72 Canales Universales GNSS
- Opcional: Opción Cinderela, única de Topcon
- Reducción del efecto multipath: Código y portadora

PRECISIÓN DE LEVANTAMIENTO

- Estático L1 + L2: H: 3mm + 0.5ppm V: 5mm + 0.5ppm
- Estático L1: H: 3mm + 0.8ppm V: 4mm + 1ppm
- Cinético L1+L2: 10mm + 1ppm V: 15mm + 1ppm
- DGPS: <0.5m

MODO DE LEVANTAMIENTO

Base Rover: Estático senimatico (Stop and Go) y Dinámico DGPS (GPS diferencial) WASS / EGNOS DGPS

MEMORIA

- Memoria interna: tarjeta SD (datos seguros), extraible
- Capacidad: depende de la capacidad de la tarjeta SD, actualmente 2GB

Comunicación

- Modem Bluetooth: V2.1 + EDR, Clase 1, 115.200 bps
- Puerto de Comunicación: RS-232 (4.800 a 115.200bps)

Figura 34 GPS Geodésicos Marca Topcon Modelo HIPER II

Fuente: (Geohidrotec, 2018)

- DOS (02) Trípodes Leica



**Trípode de Madera Leica GST40**

**Trípode: GST40 | Artículo: 328422**

Versión pesada con patas rígidas para nivelaciones de precisión. Acreditada y prolongada vida útil, excelente amortiguación de vibraciones y protección contra torsión.

Longitud 170 cm. Peso 6,0 kg.

**Leica**  
Geosystems

CARACTERÍSTICAS	DESCRIPCIÓN
Forma de cabez	Plana
Longitud abierta	170 cm
Longitud cerrada	100cm
Peso	6,0 kg

Figura 35 Trípode de Madera Leica GST40

Fuente: (Geotop, 2006)

- UNA (01) Wincha de 50 m.



Figura 36 Wincha Marca STANLEY

Fuente: (Vidri, 2019)

- DOS (02) prismas de 1 reflector



### Prisma de auscultación GPR 112

**Prisma: GPR 112 - Artículo: 726295**

Con gran diámetro de prisma para máximos alcances. Montaje en rosca M8 y

5/8" Sin condensación del lado posterior gracias al filtro incorporado.

Tapa contra la lluvia opcional, alcance 2500 m.

Figura 37 Prisma de auscultación GPR 112

Fuente: (Geotop, 2006)

- DOS (02) Bastones de aplomar para primas



Figura 38 Bastón Telescópico – GLS11

Fuente: (Geotop, 2006)

- TRES (03) Radios Motorola



Figura 39 Radio motorola T400

Fuente: (Motorola, 2019)

- UNA (01) Cámara Fotográfica



Figura 40 Cámara digital LUMIX DMC- SZ10

Fuente: (Panasonic, 2019)

- Drone Phantom 4 Pro

(continua la siguiente página)



Figura 41 Drone RPAS Phantom 4 Pro

Fuente: (Geotop, 2006)

### 3.7.3. Personal

En el presente Estudio ha participado el siguiente personal:

- UN (01) Ingeniero
- UN (01) Topógrafo
- UN (01) geodesta
- Un (01) Asistente
- Un (01) Chofer

### 3.7.4. Softwares utilizados

Tabla 9 Software utilizados

Software	Descripción	Formato
<b>Arc gis 10.3</b>	<p>ArcGIS es un completo sistema que permite recopilar, organizar, administrar, analizar, compartir y distribuir información geográfica. Como la plataforma líder mundial para crear y utilizar sistemas de información geográfica (SIG), ArcGIS es utilizada por personas de todo el mundo para poner el conocimiento geográfico al servicio de los sectores del gobierno, la empresa, la ciencia, la educación y los medios.</p>	<p>Shp. (Contiene las geometrías de los elementos).            - Dbf (Contiene los atributos Alfanuméricos de los elementos)            - Prj (Contiene el sistema de coordenadas del shapefile).</p>
<b>Auto Cad -2017</b>	<p>Es un programa de dibujo por computadora CAD 2 y 3 dimensiones, puedes crear dibujos o planos genericos,</p>	<p>Los archivos generados por AutoCAD tienen el formato DWG propietario de Autodesk, este es el programa</p>

	<p>documentar proyectos de ingeniería , arquitectura, mapas o sistemas de información geográfica por mencionar algunas industrias y aplicaciones.</p>	<p>pionero representante de la tecnología CAD (Computer Aided Design). AutoCAD incluye geometría básica para dibujar en dos dimensiones (líneas , arcos, curvas, prismas). AutoCAD también crea representaciones 3D de los dibujos usando diferentes vistas ortogonales y en perspectiva incluyendo operaciones de rendering básicas.</p>
<p><b>Agisoft PhotoScan - 2018</b></p>	<p>Es un software de escritorio para procesar imágenes digitales y, mediante la combinación de técnicas de fotogrametría digital y visión por computador, generar una reconstrucción 3D del entorno.</p> <p>Existen dos versiones diferentes. La versión estándar está pensada para</p>	<p>Es adecuado para la documentación fotogramétrica de edificios, yacimientos y objetos arqueológicos, compitiendo y en ocasiones superando en eficacia y calidad de resultados LIDAR terrestres y aéreos.</p> <p>Simplifica el levantamiento topográfico, permitiendo la medición rápida de entornos</p>



	<p>usuarios casuales que desean generar nubes de puntos a partir de múltiples imágenes. La versión profesional incluye funcionalidades específicas para la generación de productos geomáticos. Esta edición le permite obtener ortofotos georeferenciadas de alta resolución y modelos digitales de terrenos de con densidad y detalle excepcionales. Si se desea es posible generar la textura fotográfica.</p>	<p>complejos cuando dispone de un buen punto de vista. (ej. excavaciones, escarpes rocosos, acopios, escombreras, etc.)</p>
--	--	---

Fuente: Elaboración Propia

### 3.8. PROCEDIMIENTOS

Para llegar a cumplir los objetivos del estudio se realizarán, en términos generales, los siguientes procedimientos:

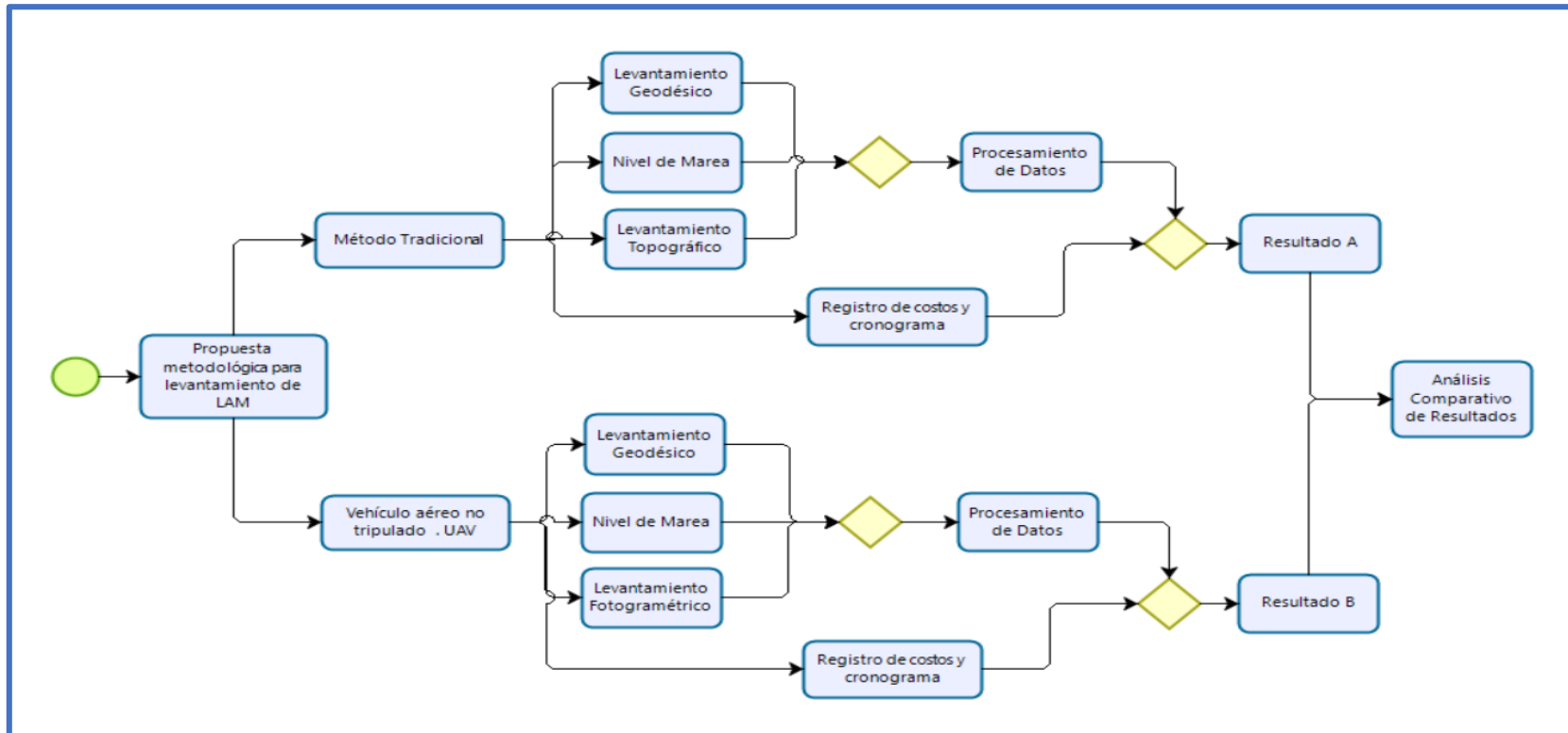


Figura 42 Desarrollo del procedimiento

Fuente: Elaboración Propia

### **3.8.1. Levantamiento de la línea de más alta marea empleando el método tradicional**

#### **3.8.1.1. Levantamiento Geodésico.**

Se empleará la Red Geodésica Peruana de Monitoreo Continuo – REGPMOC, la misma que tiene como base las Estaciones de Rastreo Permanente - ERP para establecer las coordenadas reales con el DATUM WGS84 y proyección Universal Transversa Mercator – UTM en los puntos de apoyo establecidos en el área de estudio.

Para los estudios de áreas costeras, como en el presente caso, se hace necesario llevar a cabo un trabajo de control horizontal geodésico, que permita georreferenciar las estaciones de categoría “puntos de apoyo - PFCH” y ser empleados en las actividades del estudio; para la ejecución del presente estudio, se instalarán DOS (2) PFCH, los cuales serán denominados “ACENE1” y “ACENE2” de los cuales se considerará solo el valor de los ejes X,Y ya que el valor de altura, eje Z, será establecido mediante el valor de altura de marea.

El procedimiento consiste en el posicionamiento mediante UN (1) Sistema de Navegación Global por Satélite (GNSS), teniendo como base una ERP, y componiendo una poligonal satelital. Para ello se instala la estación base en un lugar adecuadamente seleccionado convenientemente de acuerdo a criterio, en el lugar de estudio.

Ambas estaciones, tanto la ERP como el PFCH, realizan la grabación de las posiciones simultáneamente en modo estático, por un tiempo aproximado de 3 horas, considerando la cercanía de los puntos PFCH con la ERP, de acuerdo a las normas geodésicas para estaciones geodésicas del orden “PFCH”, posteriormente las coordenadas reales para los puntos PFCH son determinadas establecidas por el uso del software geodésico en la etapa de post-proceso, mediante la georreferenciación y corrección de las posiciones rastreadas por la ERP.

### **3.8.1.2. Determinación del nivel de marea**

Para la determinación de la LAM se utiliza los valores de las mareas de predicción que figuran en la publicación “Tabla de Mareas 2018” HIDRONAV - 5023, editada y publicada por la DHN, la cual tiene una validez de aproximadamente 50 km a la redonda; para el proyecto se tomará nota de la hora en la cual se ejecuta la medición de la marea, tratando preferentemente que sea lo más cercano a los valores múltiplos de 15 de los 60 minutos que determinan 1 hora.

Se empleó la información histórica “Cota LAM” del puerto del Callao, el datum LAM correspondiente al área de trabajo tiene el valor de 1.45 metros sobre el Nivel Medio de Bajamares de Sicigias Ordinarias (NMBSO). El mismo valor del Datum LAM que se considerará para la zona de la playa Curayacu – San Bartolo - lima.

La determinación de la LAM, comprende dos aspectos: uno vertical, basado en la altura alcanzada por la marea durante el ascenso y descenso, mediante el cual se determinan los planos de referencia de mareas; y otro horizontal, que se relaciona con la línea de intersección del plano de marea con el terreno para determinar la curva de nivel que servirá de referencia, de acuerdo al valor observado según la tabla de mareas, para establecer la LAM

### **3.8.1.3. Levantamiento Topográfico**

Se efectuarán las medidas de ángulos horizontales, verticales y medición de distancias haciendo uso de la Estación Total con precisión de tres segundos, empleando cuatro (04) reiteraciones por estación, tomando las lecturas un promedio de +/- 5 segundos con respecto a la media.

Se ha realizado un Levantamiento Topográfico del área que corresponde a la parte de la ribera del área estudio, con la finalidad de determinar el perfil de costa y su gradiente mediante el método de coordenadas polares (ángulo y distancia), tomando como base los PFCH; para fines del levantamiento topográfico, se considerarán coordenadas arbitrarias en los

ejes X,Y,Z. Las el par de coordenadas X,Y serán posteriormente georreferenciadas en base a los resultados del post- proceso del Levantamiento Geodésico de los puntos PFCH, y el valor de Z será corregido en base al valor de marea observado durante el levantamiento.

Se efectuará el levantamiento taquimétrico, utilizando una Estación Total, cuyas lecturas horizontales y verticales serán consideradas en coordenadas arbitrarias, las mismas que serán georreferenciadas en base a los resultados del post-proceso del Levantamiento Geodésico para los puntos PFCH.

- **Franja de hasta cincuenta (50) metros**

Se establecerá midiendo de forma perpendicular desde la LAM, verificando la forma del relieve, 50 metros en la horizontal hacia tierra o hasta las zonas de ruptura de continuidad geográfica, medidos desde la línea de más alta marea. Se entiendo como ruptura de continuidad geográfica a zonas de fuerte pendiente.

- **Registro de costos y cronograma**

Desde la etapa de pre-campo, se comenzará a registrar los costos y el tiempo que demanda cada actividad, con la finalidad de efectuar la comparación y factibilidad de la propuesta metodológica.

#### **3.8.1.4. Trabajo de gabinete**

Los trabajos de gabinete estarán en relación directa al procesamiento de los datos levantados en campo (topografía, geodesia y mareas), dichos procesamientos se verán vinculados a fin de obtener como resultado final la Línea de Más Alta Marea empleando el método tradicional, se considerarán los siguientes procesos:

- Se efectuará el post-proceso de la data colectada por el GNSS, colectada durante el levantamiento geodésico, referenciándola con la ERP más cercana, la cual para el

presente estudio será la ERP con código L01. De la data obtenida solo se considerará la información del par de coordenadas X, Y.

- Se procesarán y verificará la data obtenida de la Estación Total, obtenida durante el levantamiento topográfico, dichas coordenadas y valor de altura se encuentran con valores arbitrarios, por lo que serán corregidos con los resultados del procesamiento de la data obtenida en los levantamientos geodésicos y de mareas.
- Revisión de libretas del control vertical, datos de altura de marea registrados.
- Corrección de datos arbitrarios del levantamiento topográfico, tomando en consideración los resultados de los procesamientos geodésicos y de información de la amplitud de marea registrado.
- Elaboración y generación de las curvas de nivel en el software AutoCAD empleando los valores ya corregidos tanto en los pares de coordenadas como en las alturas; una vez generado las curvas de nivel corregidas, se graficará la curva de nivel de valor 1.45 metros según cota indicada como valor para la LAM de acuerdo a lo establecido por la Dirección de Hidrografía y Navegación.
- Finalmente se efectuará la elaboración y revisión de planos; los planos se presentarán utilizando la proyección cartográfica Universal Transversa Mercator (U.T.M.) Zona 18 S, Datum WGS – 84

### **3.8.2. Levantamiento de la línea de más alta marea empleando el método propuesto.**

#### **3.8.2.1. Levantamiento Geodésico.**

Se empleará la Red Geodésica Peruana de Monitoreo Continuo – REGPMOC, la misma que tiene como base las Estaciones de Rastreo Permanente - ERP para establecer las coordenadas reales con el DATUM WGS84 y proyección Universal Transversa Mercator – UTM en los puntos de apoyo establecidos en el área de estudio.

Para los estudios de áreas costeras, como en el presente caso, se hace necesario llevar a cabo un trabajo de control horizontal geodésico, que permita georreferenciar las estaciones de categoría “puntos de apoyo - PFCH” y ser empleados en las actividades del estudio; para la ejecución del presente estudio, se instalarán DOS (2) PFCH, los cuales serán denominados “ACENE1” y “ACENE2” de los cuales se considerará solo el valor de los ejes X,Y ya que el valor de altura, eje Z, será establecido mediante el valor de altura de marea.

El procedimiento consiste en el posicionamiento mediante UN (1) Sistema de Navegación Global por Satélite (GNSS), teniendo como base una ERP, y componiendo una poligonal satelital. Para ello se instala la estación base en un lugar adecuadamente seleccionado convenientemente de acuerdo a criterio, en el lugar de estudio.

Ambas estaciones, tanto la ERP como el PFCH, realizan la grabación de las posiciones simultáneamente en modo estático, por un tiempo aproximado de 3 horas, considerando la cercanía de los puntos PFCH con la ERP, de acuerdo a las normas geodésicas para estaciones geodésicas del orden “PFCH”, posteriormente las coordenadas reales para los puntos PFCH son determinadas establecidas por el uso del software geodésico en la etapa de post-proceso, mediante la georreferenciación y corrección de las posiciones rastreadas por la ERP.

### 3.8.2.2. Determinación del nivel de marea

Para la determinación de la LAM se utiliza los valores de las mareas de predicción que figuran en la publicación “Tabla de Mareas 2018” HIDRONAV - 5023, editada y publicada por la DHN, la cual tiene una validez de aproximadamente 50 km a la redonda; para el proyecto se tomará nota de la hora en la cual se ejecuta la medición de la marea, tratando preferentemente que sea lo más cercano a los valores múltiplos de 15 de los 60 minutos que determinan 1 hora.

En la propuesta no se considera un levantamiento topográfico, motivo por el cual se deberá colocar marcas de la marea observada con algún tipo de señalización de dimensiones aproximadas de 50 cm x 50 cm, con la finalidad de servir como apoyo para las capturas del Vehículo Aéreo No Tripulado y obtener la información del veril de marea.

Se empleará información histórica “Cota LAM” del puerto del Callao, el datum LAM correspondiente al área de trabajo tiene el valor de 1.45 metros sobre el Nivel Medio de Bajamares de Sicigias Ordinarias (NMBSO). El mismo valor del Datum LAM que se considerará para la zona de la playa Curayacu – San Bartolo - lima.

La determinación de la LAM, comprende dos aspectos: uno vertical, basado en la altura alcanzada por la marea durante el ascenso y descenso, mediante el cual se determinan los planos de referencia de mareas; y otro horizontal, que se relaciona con la línea de intersección del plano de marea con el terreno para determinar la curva de nivel que servirá de referencia, de acuerdo al valor observado según la tabla de mareas, para establecer la LAM

- **Franja de hasta cincuenta (50) metros**

Por ser parte de la propuesta reemplazar el uso del equipo Estación Total, dicha franja paralela hasta los 50 metros, podrá ser establecida sin problemas durante la etapa de gabinete, teniendo aun como ventaja el análisis de las zonas de ruptura de continuidad.



### 3.8.2.3. Levantamiento Fotogramétrico

El trabajo de levantamiento de información con el vehículo aéreo no tripulado, se efectuará empleando el software Pix4D, el cual se encuentra disponible y compatible con las plataformas Android y IOS desde sus respectivas tiendas de aplicaciones móviles; para el presente caso trabajaremos con la plataforma IOS.

La plataforma de la aplicación móvil resulta ser muy intuitiva sin restar el potencial, cualidades y características técnicas.

Al abrir la aplicación comenzaremos por establecer nuestro modo de trabajo, es decir, seleccionaremos una de las opciones que se muestran en la siguiente imagen, tomando como opción la de doble grilla ya que al establecer una doble grilla (Double Grid Mission) podremos obtener una mayor información y sobre todo el modelo de un par estereoscópico para llegar a un modelo en 3 dimensiones.

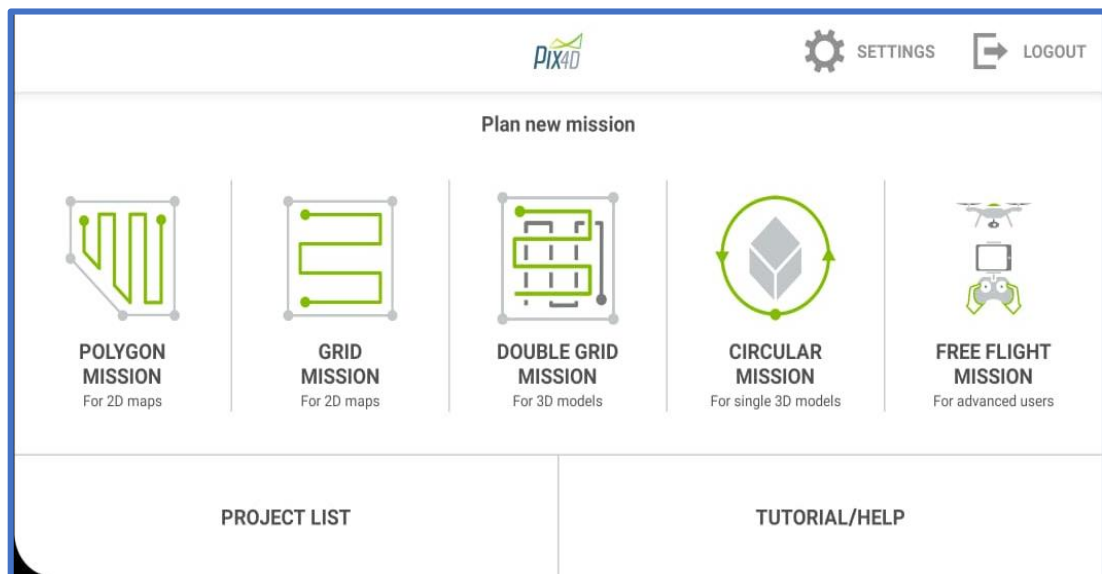


Figura 43 Double Grid Mission

Fuente: Elaboración propia

Luego de seleccionar el modo de levantamiento de información desde el dispositivo móvil, seleccionaremos el área de interés, para lo cual desplazaremos la grilla que aparece en automático, ajustando sus bordes hasta llegar al área a sobre volar, de acuerdo a las características del drone, la aplicación calculará el tiempo de vuelo y solo establecerá el área que su autonomía le permite levantar.

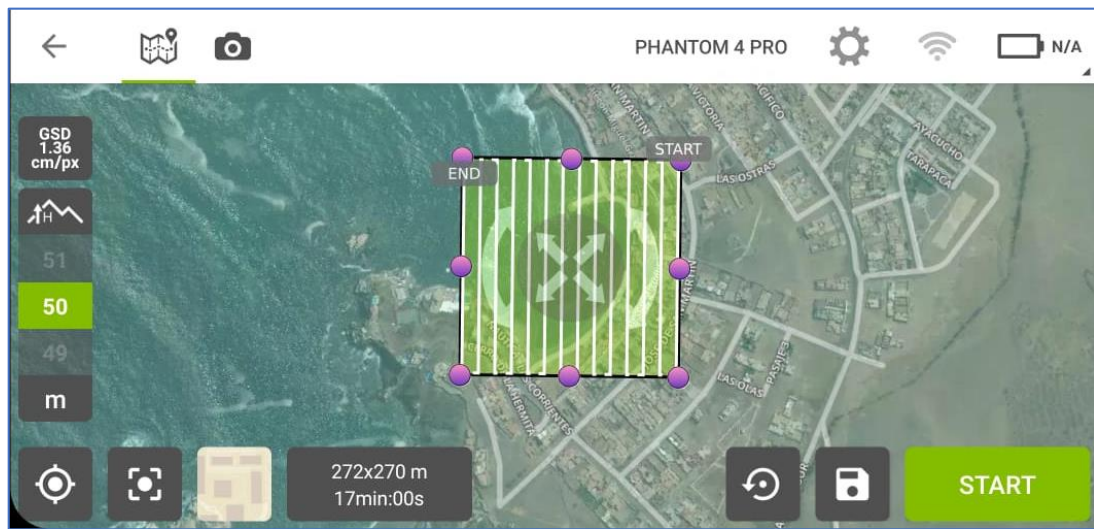


Figura 44 Selección del área de interés

Fuente: Elaboración propia

En la parte de configuración podremos observar como primera opción, la velocidad con la cual deseamos que el UAV se desplace durante el recorrido de las líneas de vuelo, la segunda opción permite ajustar el ángulo desde el cual se capturaran las fotografías, por ser el caso de obtener ortofotos seleccionaremos el máximo valor ( $90^\circ$ ); como siguiente opción tener el traslape, el cual está referido al porcentaje de sobre posición de fotografías para poder obtener el par estereoscópico, para el presente estudio seleccionaremos un traslape de 80%.

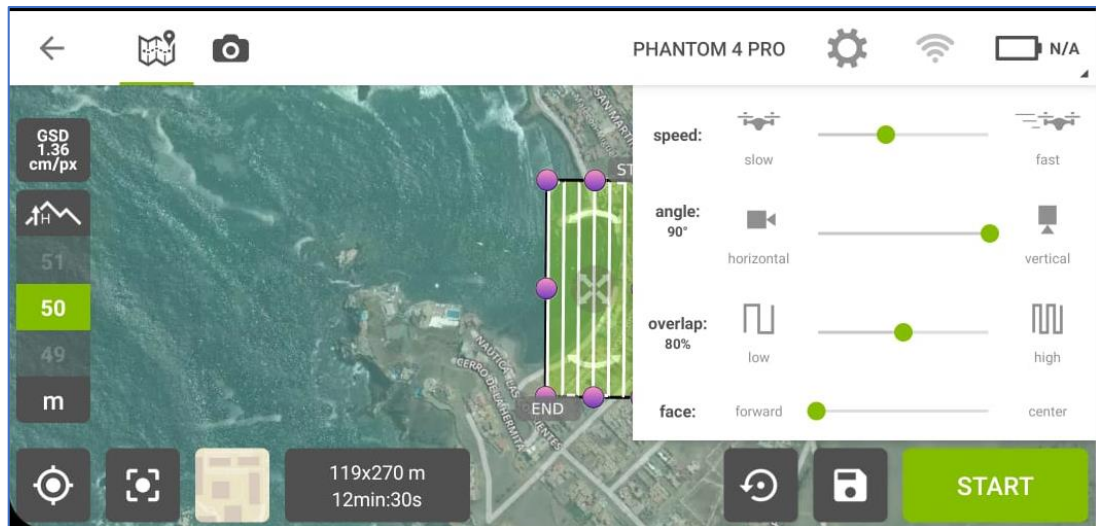


Figura 45 Configuración de la UAV

Fuente: Elaboración propia

Así también, como se aprecia en la captura anterior, al lado izquierdo central podremos seleccionar la altura desde la cual se capturara la información; es preciso mencionar que el UAV cuenta con sensores de proximidad, giroscopio, entre otros así como con un sistema de navegación satelital, que si bien es cierto, este último no cumple con el nivel de precisión requerido para trabajos de ingeniería de este tipo, este valor se corregirá mediante los puntos de apoyo establecidos en tierra al igual como en el método tradicional el levantamiento topográfico es corregido mediante dichos puntos de apoyo.

- **Registro de costos y cronograma**

Desde la etapa de pre-campo, se comenzará a registrar los costos y el tiempo que demanda cada actividad, con la finalidad de efectuar la comparación y factibilidad de la propuesta metodológica.

#### 3.8.2.4. Trabajo de gabinete

Los trabajos de gabinete estarán en relación directa al procesamiento de los datos levantados en campo (fotogrametría, geodesia y mareas), dichos procesamientos se verán vinculados a fin de obtener como resultado final la Línea de Más Alta Marea empleando el método propuesto, se considerarán los siguientes procesos:

- Se efectuará el post-proceso de la data colectada por el GNSS, colectada durante el levantamiento geodésico, referenciándola con la ERP más cercana, la cual para el presente estudio será la ERP con código L01. De la data obtenida solo se considerará la información del par de coordenadas X, Y.
- Revisión de libretas del control vertical, datos de altura de marea registrados.
- Para el procesamiento de los datos capturados por el UAV se empleará el software Agisoft Metashape Professional y seguiremos los siguientes pasos:

Añadir fotos: Cabe resaltar que al igual que el software Pix4D empleado para el levantamiento de información en campo, este software de post-proceso es intuitivo y permite múltiples opciones de acuerdo al expertis del operador; entonces encontraremos en la barra de herramientas la pestaña denominada “flujo de trabajo” en la cual encontraremos los siguientes pasos a efectuar para lograr nuestro post-proceso de imágenes capturadas por el UAV, comenzando por la opción “añadir fotos”

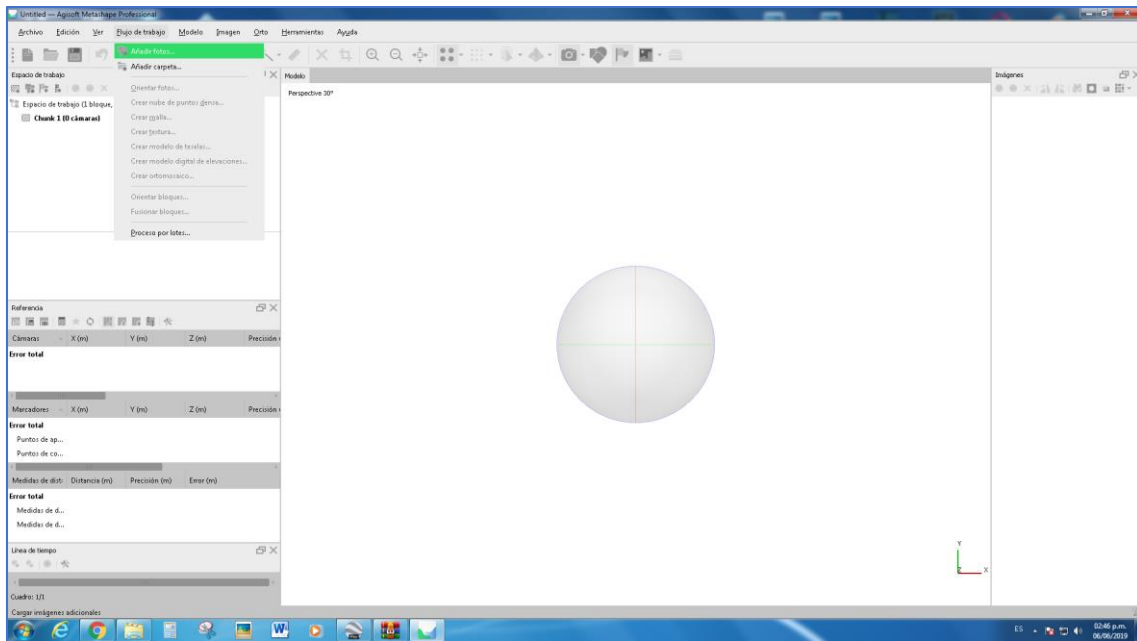
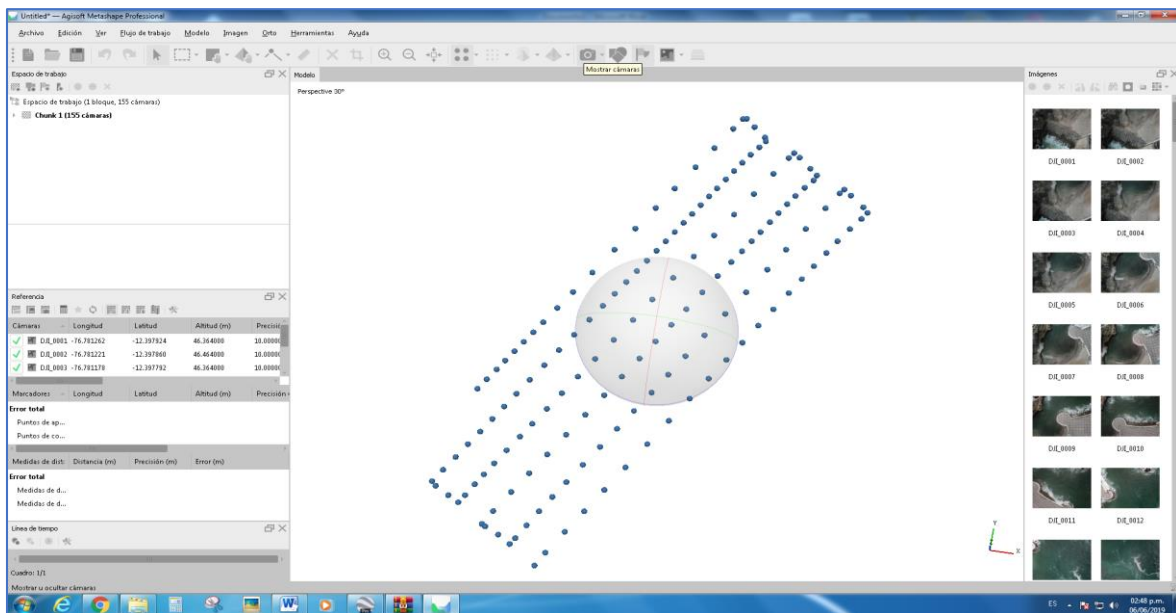


Figura 46 Añadir fotos

Fuente: Elaboración Propia

Una vez añadidas las fotos, nos aparecerá la representación de la línea de vuelo, así como el catálogo de capturas efectuadas.



Fuente: Elaboración Propia

Orientar fotos: Como siguiente paso procederemos a realizar la orientación de las capturas para que el software reconozca la posición desde donde se tomaron todas las fotografías.

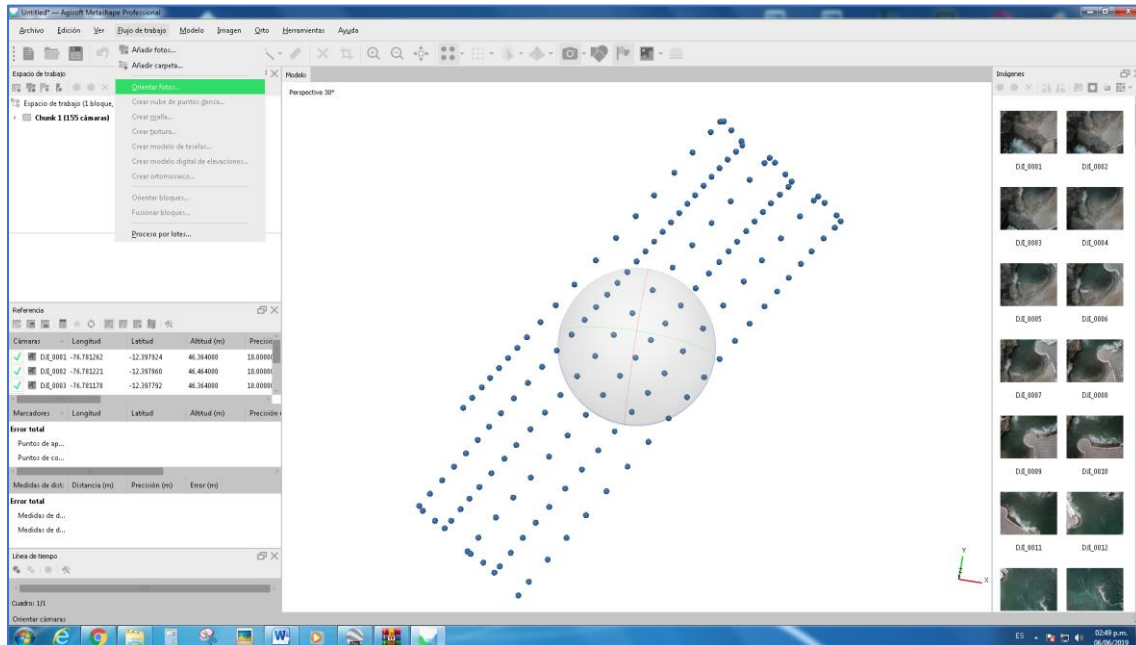
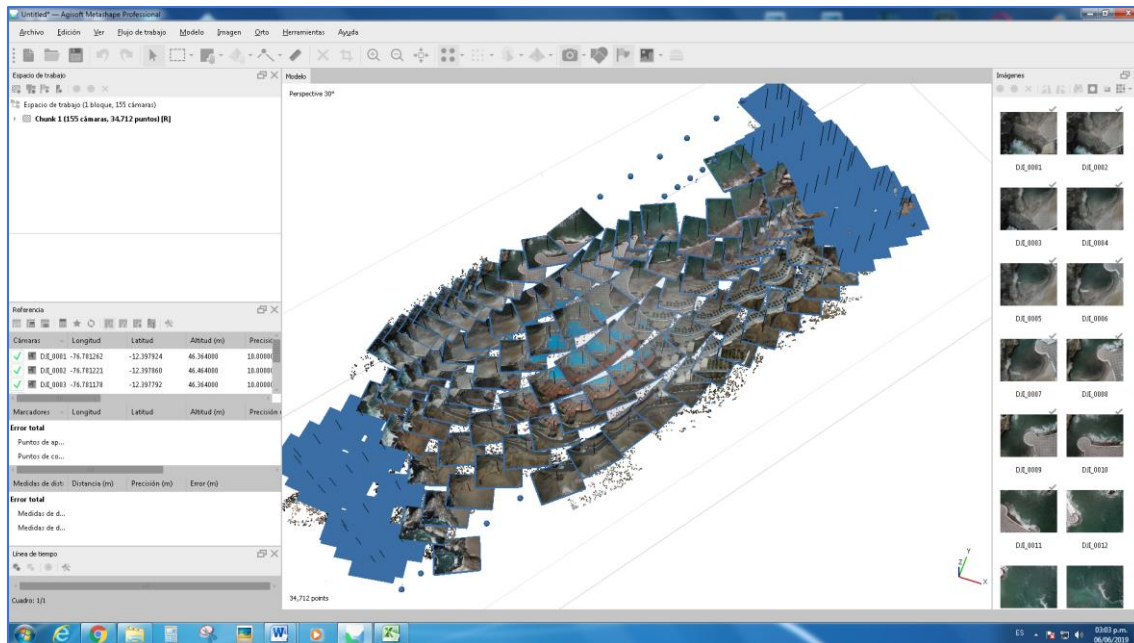


Figura 47 Orientación de Fotos

Fuente: Elaboración Propia

Como resultado obtendremos esta vez la forma de la línea de vuelo, pero ya con cada captura posicionada sobre la línea; es decir, esta vez obtendremos las capturas sobrepuestas tal como se configuro en la etapa de levantamiento de campo.



Fuente: Elaboración Propia

Crear puntos de nubes densa: una vez orientado las fotografías, procederemos al siguiente paso, generar una nube de puntos, ya que tenemos el mosaico de fotografías superpuestas, el software procederá a generar un modelo en base a los principios del par estereoscópico, generando así una gran cantidad de información (nube de puntos) sobre la cual tendrán valores aproximados de coordenadas y alturas, se recuerda que se habla de valores aproximados puesto que el equipo cuenta con un sistema satelital independiente pero estos valores serán posteriormente corregidos al igual que en el método tradicional corregimos el levantamiento topográfico.



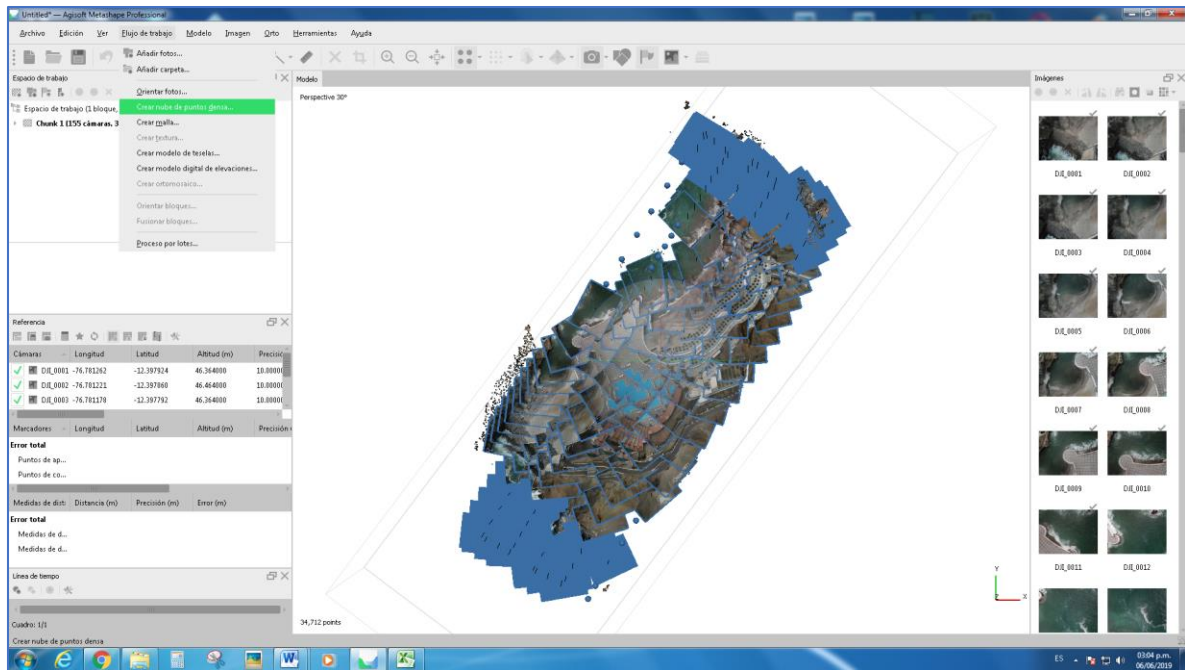
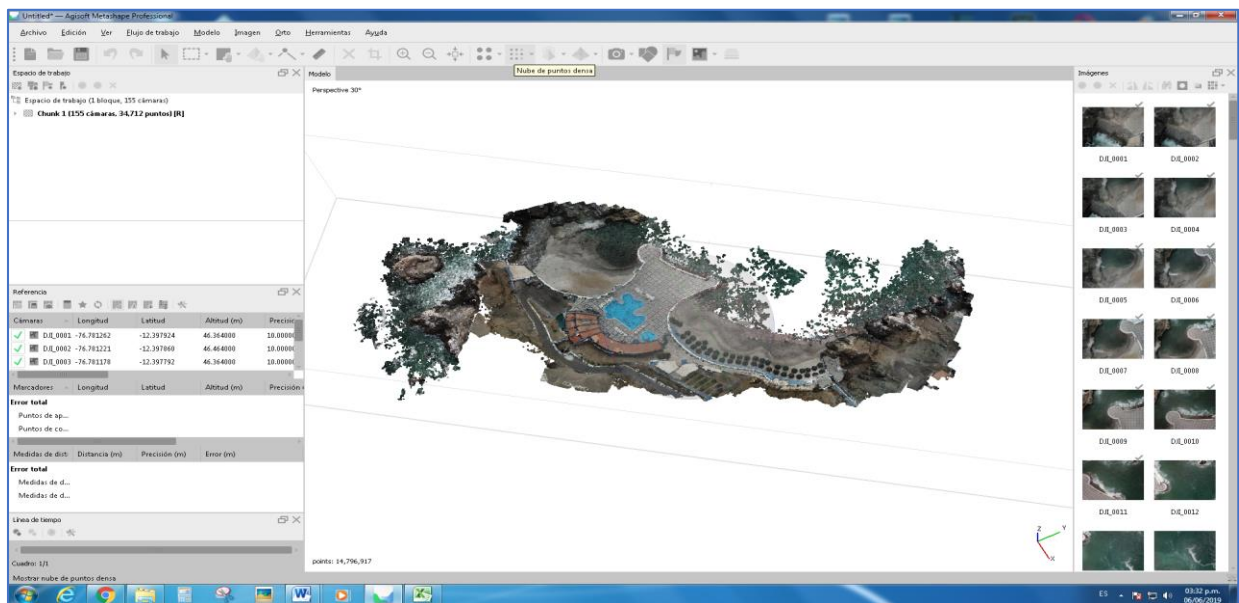


Figura 48 Crear puntos de nubes densa

Fuente: Elaboración Propia

Como resultado de la nube de puntos, obtendremos tantos puntos que en apariencia parecerá una imagen compacta pero en realidad es una gran cantidad de puntos con valores de X,Y y Z.



Fuente: Elaboración Propia



Georreferenciar: como ya explicamos, el UAV cuenta con un sistema satelital incorporado, pero este no cumple con la precisión deseada para la elaboración del presente proyecto, motivo por el cual en este proceso georreferenciaremos la información obtenida en base a los puntos de apoyo establecidos y procesados.

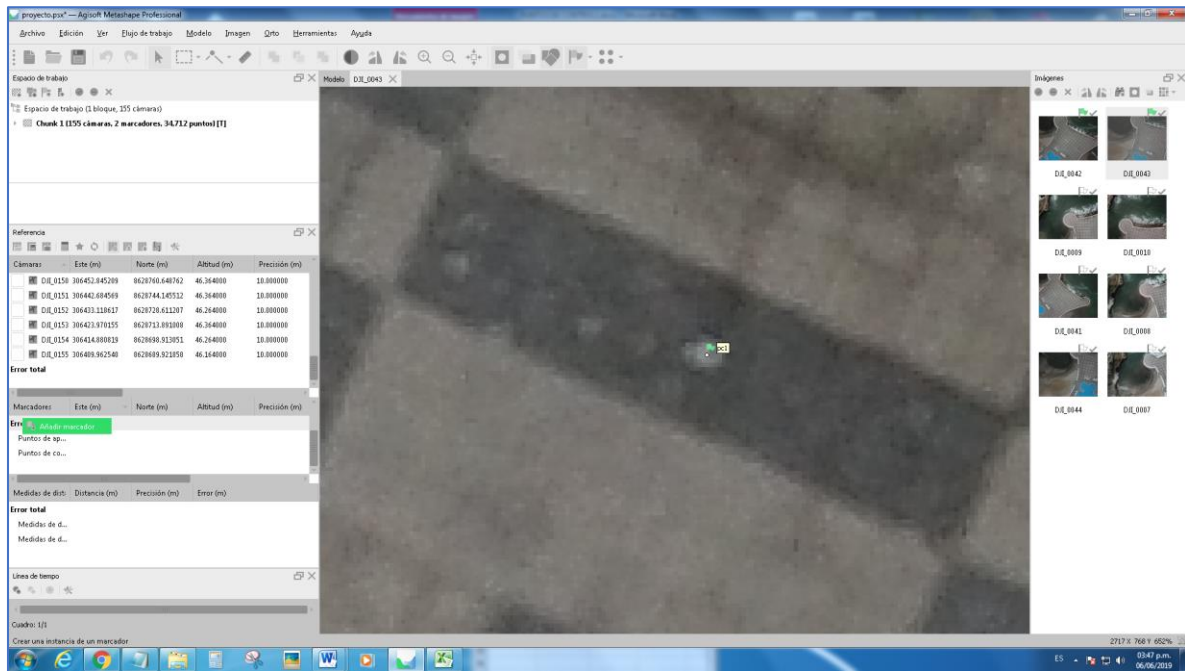
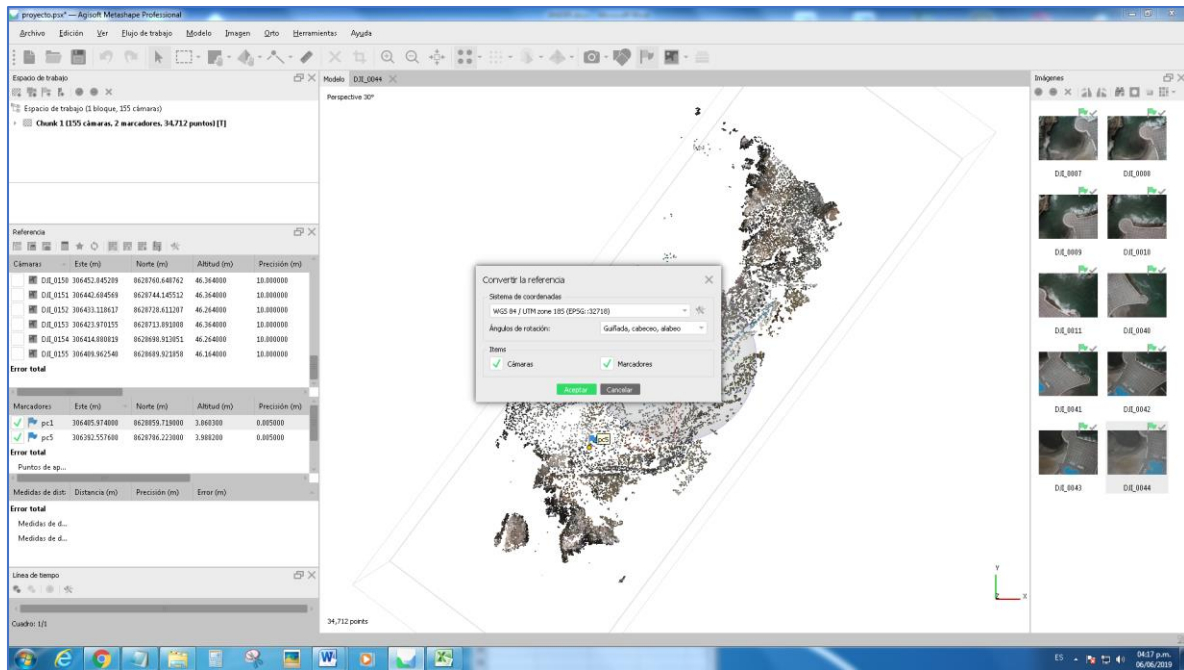


Figura 49 Georreferenciar imagen

Fuente: Elaboración Propia

Indicaremos la posición de los puntos de apoyo y la información de estos, tales como valores X, Y y también en este proceso ajustaremos el valor de altura, considerando al igual que los puntos de apoyo, las marcas que se recomendó en la parte de campo para la captura del veril de marea. Una vez ejecutado este proceso, ya tendremos nuestra información capturada por el UAV, corregida tanto en coordenadas como en alturas.



Fuente: Elaboración Propia

Crear malla: Una vez creada la nube de puntos, ahora el software creara una malla entre cada punto por metodos de triangulación.

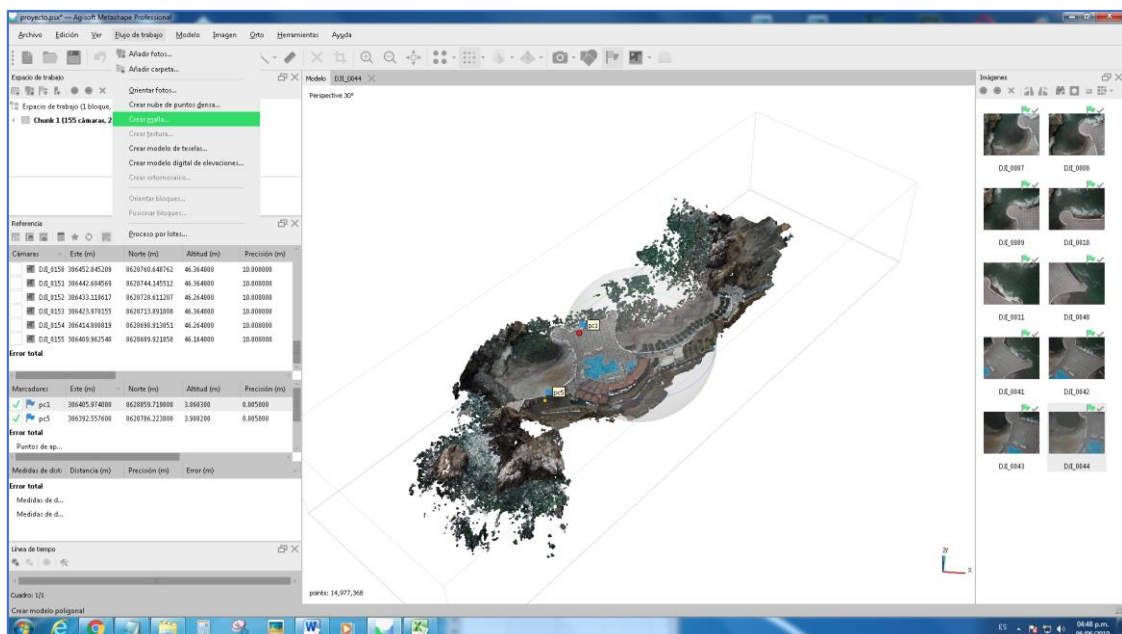


Figura 50 Crear Malla

Fuente: Elaboración Propia

Con la malla de puntos ahora cada imagen se referenciará, tomando así una de las formas finales del procesamiento, puesto que ya las imágenes tomadas se encontrarán debidamente ubicadas y con coordenadas y alturas corregidas.

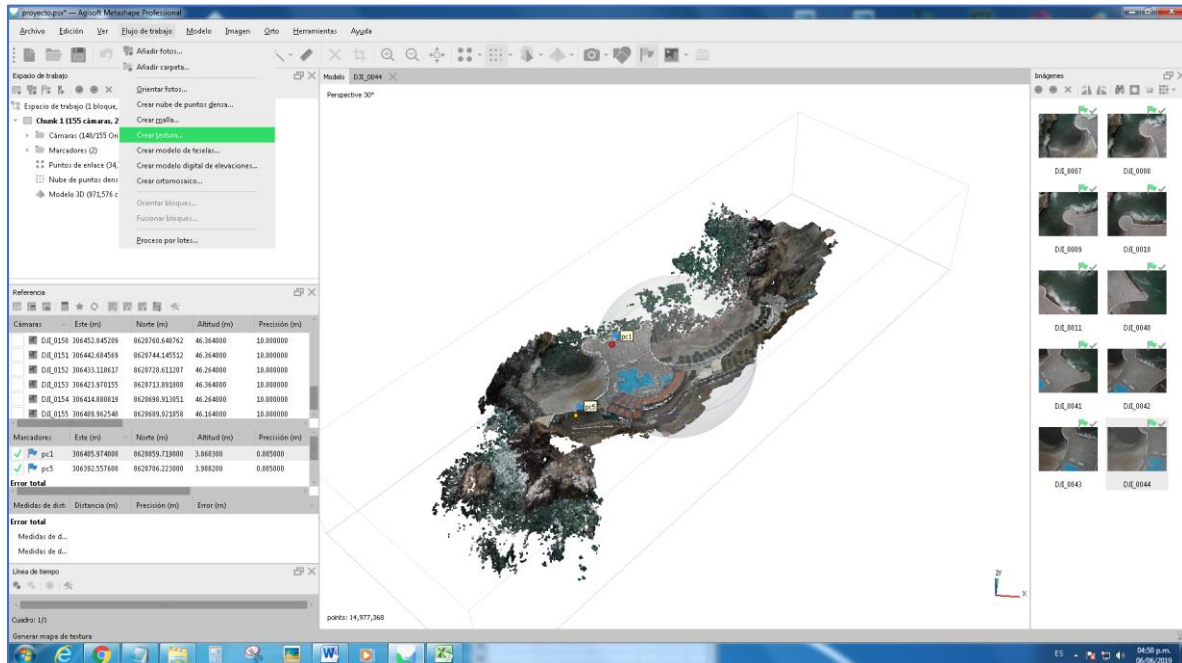


Figura 51 Crear textura

Fuente: Elaboración Propia

Finalmente crearemos el ortomosaico, el cual es el resultado final del procesamiento, habiéndose referido y corregido la información de cada captura en coordenadas y alturas, por ende, será posible realizar un modelo fotogramétrico en 3D para ser empleado en múltiples análisis; para nuestro caso será la generación de curvas de nivel.

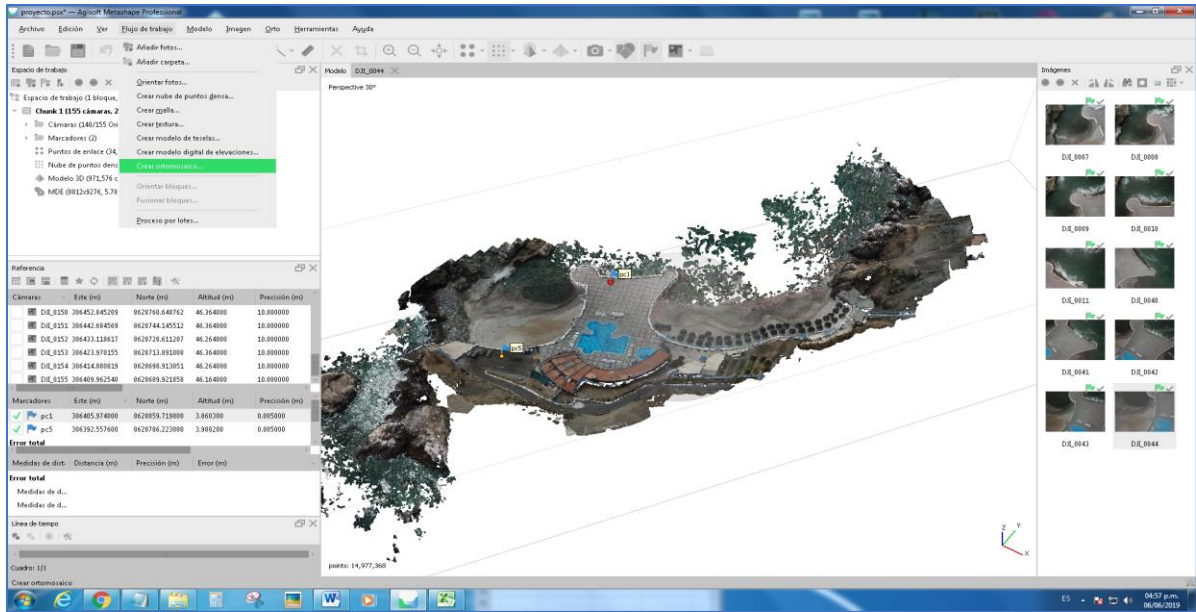


Figura 52 Crear Ortomosaico

Fuente: Elaboración Propia

Una vez habiendo obtenido el ortomosaico, generaremos las curvas de nivel ya que nuestro objetivo es identificar la curva de nivel de 1.45 que establece la LAM para la zona de estudio y poder comparar con el resultado obtenido por el método tradicional

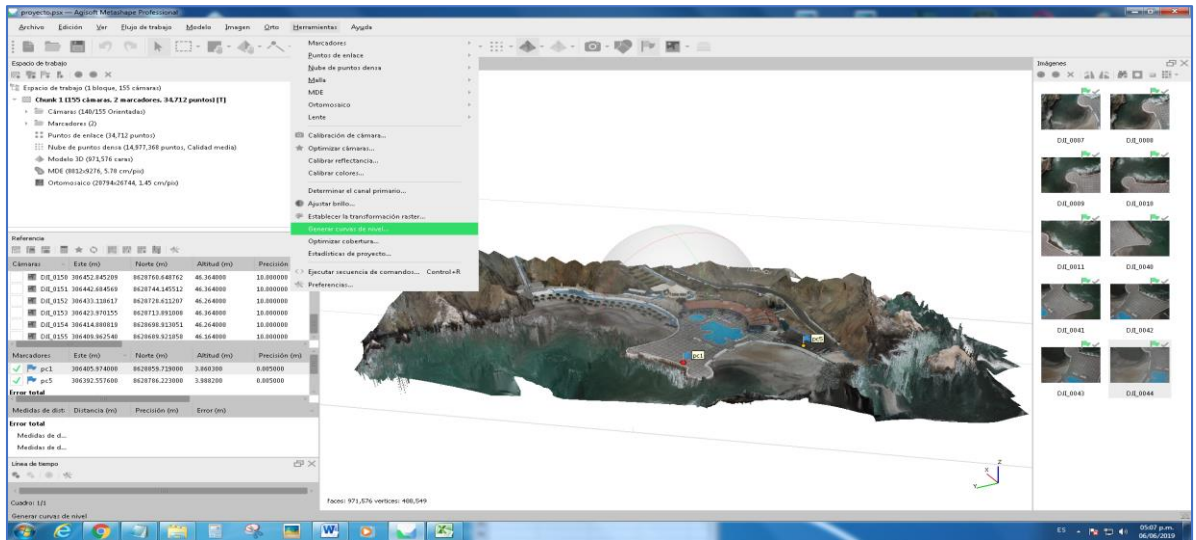
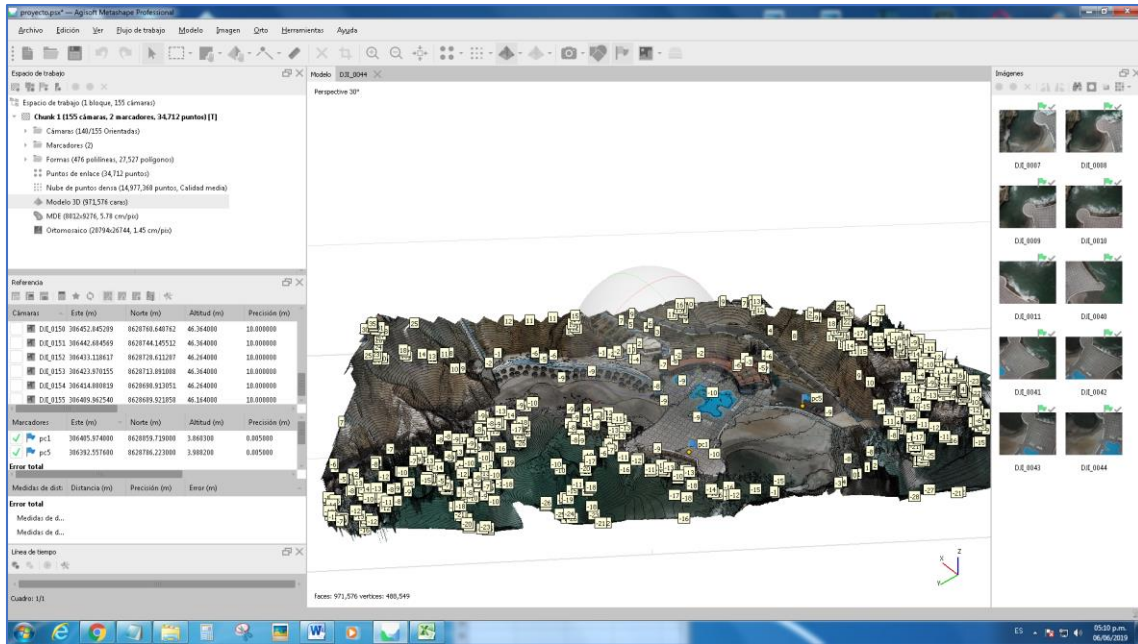


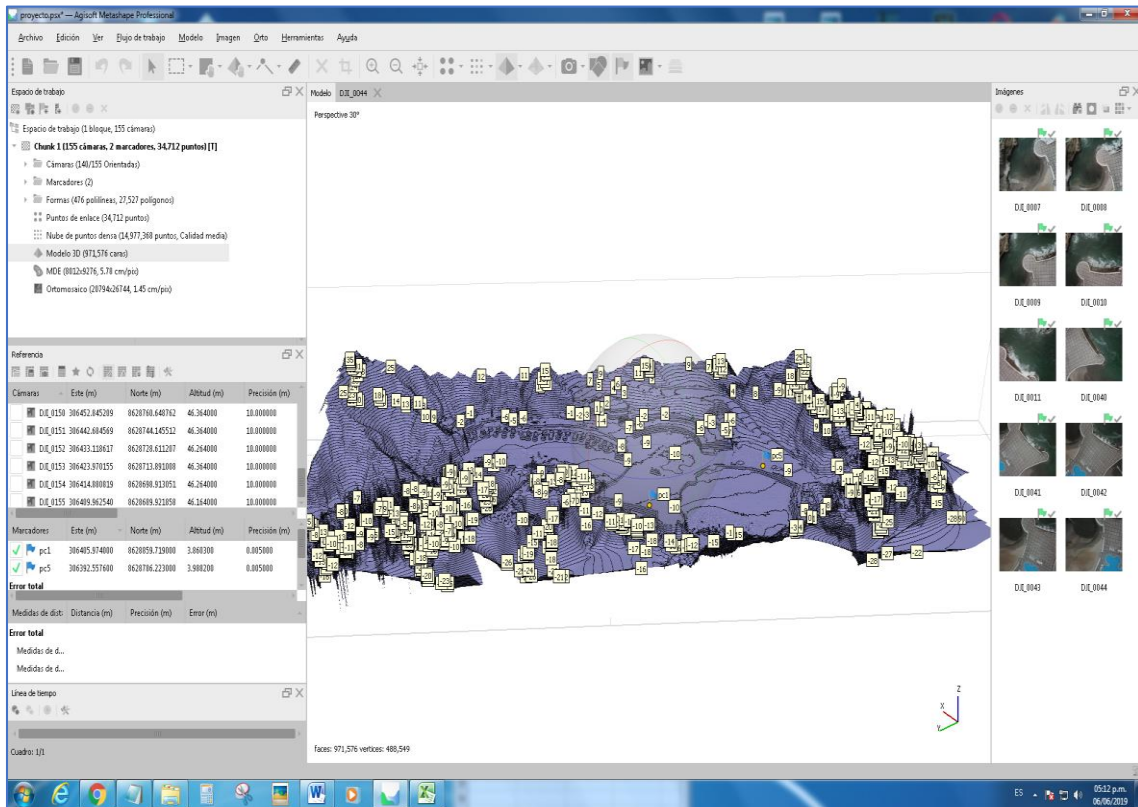
Figura 53 Generar curvas de nivel

Fuente: Elaboración Propia





Fuente: Elaboración Propia



Fuente: Elaboración Propia

Habiendo obtenido las curvas de nivel, procedemos a exportar el ortomosaico así como las curvas para poder visualizar en el software AutoCAD y poder concluir la hipótesis mediante una comparación con el método tradicional.

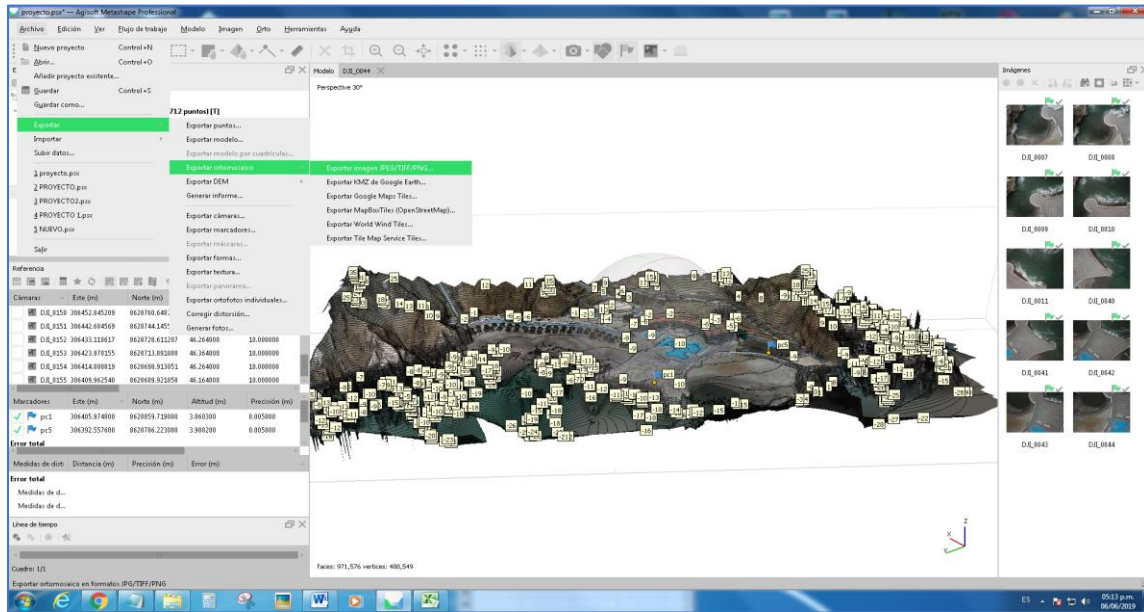


Figura 54 Exportar ortomosaico

Fuente: Elaboración Propia

- Finalmente se efectuará la elaboración y revisión de planos; los planos se presentarán utilizando la proyección cartográfica Universal Transversa Mercator (U.T.M.) Zona 18 S, Datum WGS – 84

### 3.9. ANÁLISIS DE DATOS

resultados obtenidos del post-proceso del método indirecto, fueron exportados en formato DWG. Para ser comparados y analizados espacialmente con los datos obtenidos del método tradicional; para tal fin, se requirió del software AutoCAD Map 3D 2017. A fin de cuantificar la variación de resultados se establecieron puntos de control, distantes entre sí aproximadamente 10 metros; dichos puntos fueron evaluados en los ejes X e Y manejando una hipótesis en la desviación estándar y obteniendo un rango de desfase según el nivel de confianza asignado.

## IV. RESULTADOS

### 4.1. LEVANTAMIENTO TRADICIONAL

#### 4.1.1. Levantamiento Geodésico.

El transporte de coordenadas o control horizontal se realizó teniendo como punto geodésico de partida a la estación LI01, administrada por el IGN, desde donde se establecieron los puntos de apoyo PFCH denominados “ACENE1” y “ACENE2”.

El método para la determinación de las coordenadas absolutas de los puntos de apoyo “ACENE1” y “ACENE2”, fue el de Translocación Estático Diferencial; consiste en la lectura simultánea de señales de satélite con un mínimo de dos receptores en forma simultánea; debiendo ubicarse uno en un punto de coordenadas conocidas (puntos de referencia) y el otro en el punto cuyas coordenadas se desean determinar. Las señales recibidas son almacenadas en las tarjetas de memoria de los receptores y descargadas a una computadora personal, donde mediante un programa de Post proceso se procede a determinar un vector de Translocación. Ingresando los valores de coordenadas del punto base se corrigen los valores de coordenadas del punto móvil (Rover).

El método de Translocación Estático Diferencial, se aplicó según la siguiente figura, donde se muestra la tabla.

Tabla 10 Levantamiento con GPS de acuerdo a su clasificación

ORDEN	CLASE	TIPO DE EQUIPO	NÚMERO MÍNIMO DE SESIONES	TIEMPO DE MEDIDA/ SESIÓN (HRS.)	NÚMERO DE OBSERVACIONES METEOROLÓGICAS POR SESIÓN	EFEMERIDES BASE/ CALCULO	ERROR BASE (EN CMS)
AA	UNICA	D.F.	6	6	3	3	6
A	UNICA	D.F.	3	4	3	3	5
B	UNICA	D.F.	2	2-3	2	2	3
C							
Primero	UNICA	OP	1	1-2	1	2	3
Segundo	I	OP	1	1-2	-	1	2
	II	OP	1	1-2	-	1	2
Tercero	I	OP	1	1-2	-	1	2
	II	OP	1	1-2	-	1	2

\*\*\* D.F. - DOBLE FRECUENCIA  
 \*\*\* OP - OPCIONAL EL USO DE DOBLE FRECUENCIA

“Levantamientos con GPS de acuerdo a su clasificación”, publicada en la Norma Técnica Hidrográfica N° 29 – Manual de procedimientos para mediciones topográficas de la Dirección de Hidrografía y Navegación, descargada de su página web.

Fuente: Norma Técnica Hidrográfica N° 29 - DHN

Tabla 11 Tabla de lista de puntos procesados

ID	Este (Metro)	Norte (Metro)	Elevación (Metro)	Código de característica	Factor de escala de proyección	Factor de escala de altura	Factor de escala combinada	Ángulo de convergencia de meridiano
ACENE 1	306438.888	8628751.924	31.918		1.0000635446	0.9999910599	1.0000546039	0°22'57"
ACENE 2	306405.934	8628859.829	3.401		1.0000637025	0.9999955300	1.0000592322	0°22'57"
LI01	280479.825	8661244.538	133.915	LI01	1.0001962522	0.9999753017	1.0001715491	0°25'23"

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 12 Informe de Procesamiento de líneas base

**Procesando resumen**

Observación	De	A	Tipo de solución	Prec. H. (Metro)	Prec. V. (Metro)	Aci. geod.	Dist. elip (Metro)	Δ Altura (Metro)
LI01 --- ACENE 2 (B2)	LI01	ACENE 2	Fija	0.003	0.013	141°44'54"	41478.791	-129.041
LI01 --- ACENE 1 (B1)	LI01	ACENE 1	Fija	0.004	0.014	141°48'21"	41583.633	-100.526

Fuente: Elaboración Propia

#### 4.1.2. Nivel de Marea

La línea de más Alta Marea (LAM), en el área de estudio es de 1.45 metros, respecto al nivel medio de bajamares y sicigias ordinarias.

La información de cota LAM fue obtenida de la Tabla de Mareas para el Puerto del Callao, elaborada por la Dirección de Hidrografía y Navegación de la Marina de Guerra del Perú. El puerto del Callao es la zona más cercana al área de estudio encontrándose aproximadamente a 50 km. de distancia de la playa Curayacu – San Bartolo - Lima.



El Datum o Cota de la Línea de Más Alta Marea, está referida al Nivel Medio de Bajamares de Sicigias Ordinarias (NMBSO), cuyos valores han sido calculados en base a la data histórica de las Estaciones Mareográficas de la Dirección de Hidrografía y Navegación instalados a lo largo de nuestra costa, dicha información incluye un ciclo nodal lunar (19 años).

<i>Estación</i>	<i>Cotas LAM (metros)</i>
El Salto	2.57
Cabo Blanco	2.48
Los Órganos	2.51
Talara	2.43
Paita	2.20
Lobos de Afuera	1.92
Malabrigo	1.84
Salaverry	1.88
Chimbote	1.89
Huacho	1.52
Callao	1.45
Pisco	1.47
San Juan	1.40
Atico	1.50
Matarani	1.61

*Las Cotas de Línea de Más Alta Marea que se muestran en el cuadro anterior son válidas en un área de 50 km a la redonda, para cada una de las estaciones indicadas. Asimismo, estos valores han sido actualizados y rigen a partir de la fecha de su publicación.*

Figura 55 Datum o cota de la Línea de Mas Alta Marea

Fuente: Marina de Guerra del Perú

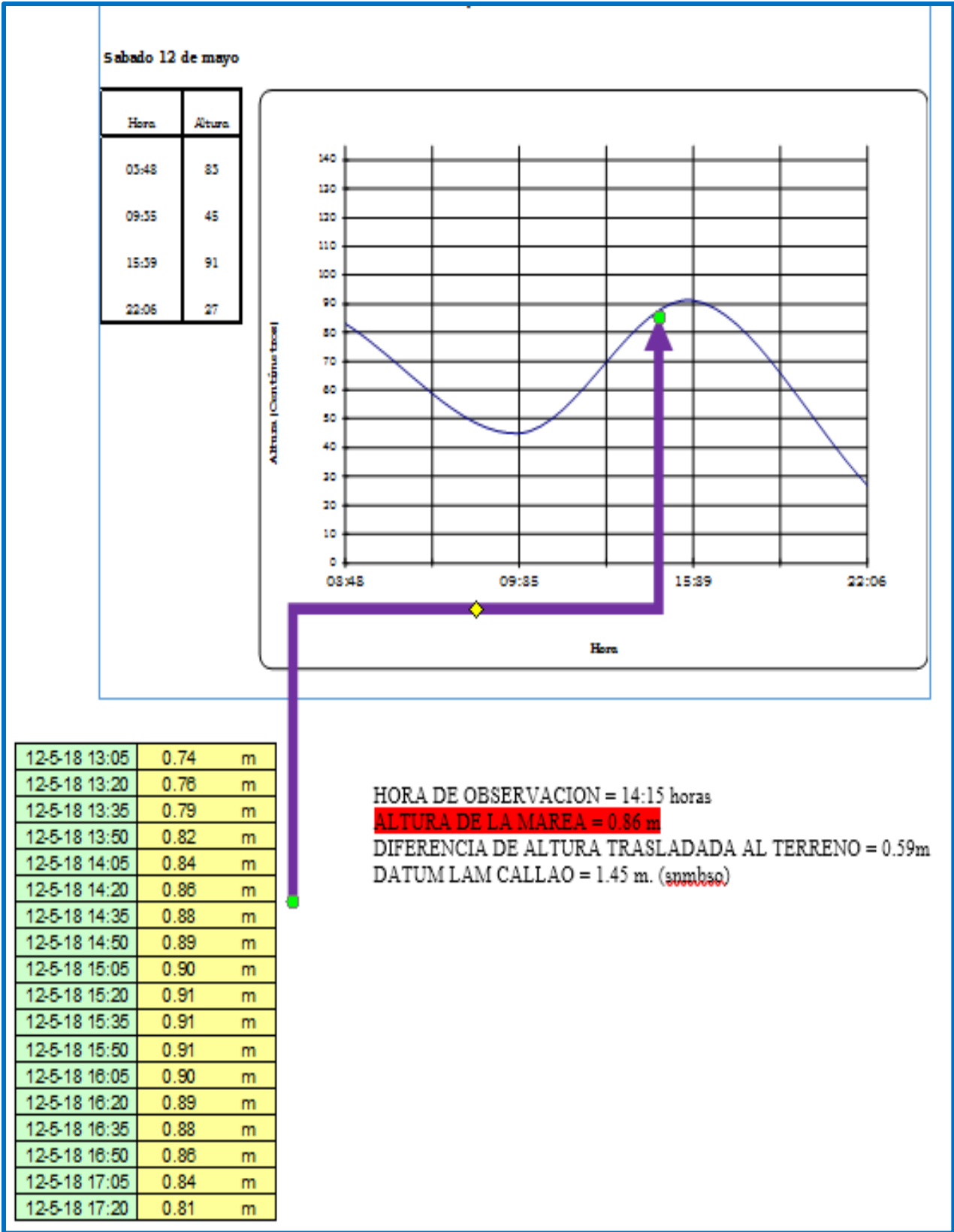


Figura 56 Mareograma del puerto del callao

Fuente: Elaboración propia

En el momento de las observaciones del día 12 de mayo del 2018 a las 14:15 horas correspondientes a la etapa de marea descendente, el nivel de marea fue de 0.86 metros sobre el nivel medio de bajamares de sicigias ordinarias (N.M.B.S.O.) llevándose sobre el terreno una altura de +0.59 metros para determinar la línea de más alta marea (COTA LAM 1.45 metros s.n.m.b.s.o.), en la playa Curayacu – San Bartolo – Lima.

Para la verificación del control vertical se procedió a considerar que el desnivel entre la estación ACENE 1 y el nivel del mar SNMBSO, es de 31.518 m.; y que el valor del nivel medio del mar SNMBSO según la Tabla de mareas 2018 de la DHN fue igual a 0.86 m.; por lo tanto, el valor de la cota ACENE 1 queda establecida como 32.378 m. y para ACENE 2 es igual a 3.860 m. Las cotas están referidas al NMBSO.

Tabla 13 Ajuste de Control Vertical

TAQUIMETRIA										Regla	0	COTA		
CON DISTOMAT < VERTICAL DIRECTO										Distomat	1	32.378		
BASE	8,628,751.924			306,438.888			ACENE 1			OPCION	1			
ORIGEN	8,628,859.829			306,405.934			ACENE 2			COOR CM	0			
REF PLOT	9589000.0			529330			HI	1.452		COOR METROS	1			
ESCALA	300									OPCION	1			
DISTANCIA ENTRE ESTACIONES				112.825										
MEDICIONES					CALCULOS									
N°	ANGULO H			ANGULO V			DIST INCLIN	HS	DIST HORIZ	D ELEV	NORTE	ESTE	COTA	
1	0	0	10.5	103	55	43.9	116.24595	2	112.695	-28.5	8628859.706	306405.978	3.864	ACENE2
2	0	0	10.7	103	55	44.9	116.273748	2	112.721	-28.5	8628859.732	306405.970	3.857	ACENE2
3	0	0	10.9	103	55	44.9	116.260649	2	112.709	-28.5	8628859.720	306405.974	3.860	ACENE2 3.860
234	347	51	57	106	17	19	110.62862	2	106.033	-31.6	8628844.558	306387.293	0.824	AGUA 1415
235	347	52	48	106	16	17	110.65202	2	106.065	-31.5	8628844.598	306387.301	0.849	AGUA 1415
236	347	52	1.9	106	14	34	110.75351	2	106.178	-31.5	8628844.686	306387.225	0.874	AGUA 1415
237	347	51	55	106	14	39	110.75021	2	106.174	-31.5	8628844.680	306387.223	0.872	AGUA 1415
238	347	52	9.3	106	14	37	110.71331	2	106.139	-31.5	8628844.653	306387.247	0.883	AGUA 1415

Fuente: Elaboración Propia

En la tabla se observan las mediciones de marea para la hora correspondiente de 14:15 así como las mediciones de ángulos y distancias del punto de origen ACENE1 con los valores de cota compensados.

#### **4.1.3. Levantamiento Topográfico**

En el área de estudio se efectuó el levantamiento topográfico, efectuando mediciones de ángulos y distancias (método de radiación) con una estación Total marca LEICA, por lo cual se levantaron 418 puntos, los cuales reflejan los diferentes rasgos naturales de la línea de costa, y así determinar el relieve costero.

Posteriormente se efectuaron los cálculos preliminares y definitivos de las radiaciones, así como el de las coordenadas de los puntos medidos y la línea acimutal requerida<sup>1</sup>, también se posicionaron los vértices de UNA (1) infraestructura marítima catalogada como Terraplén, determinándose la ocupación de UN (1) área total es de 6,364.761m<sup>2</sup>.m<sup>2</sup>.

#### **CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES**

Cronograma de actividades y procesos para el levantamiento de información con el método tradicional.

(Continúa en la siguiente página)

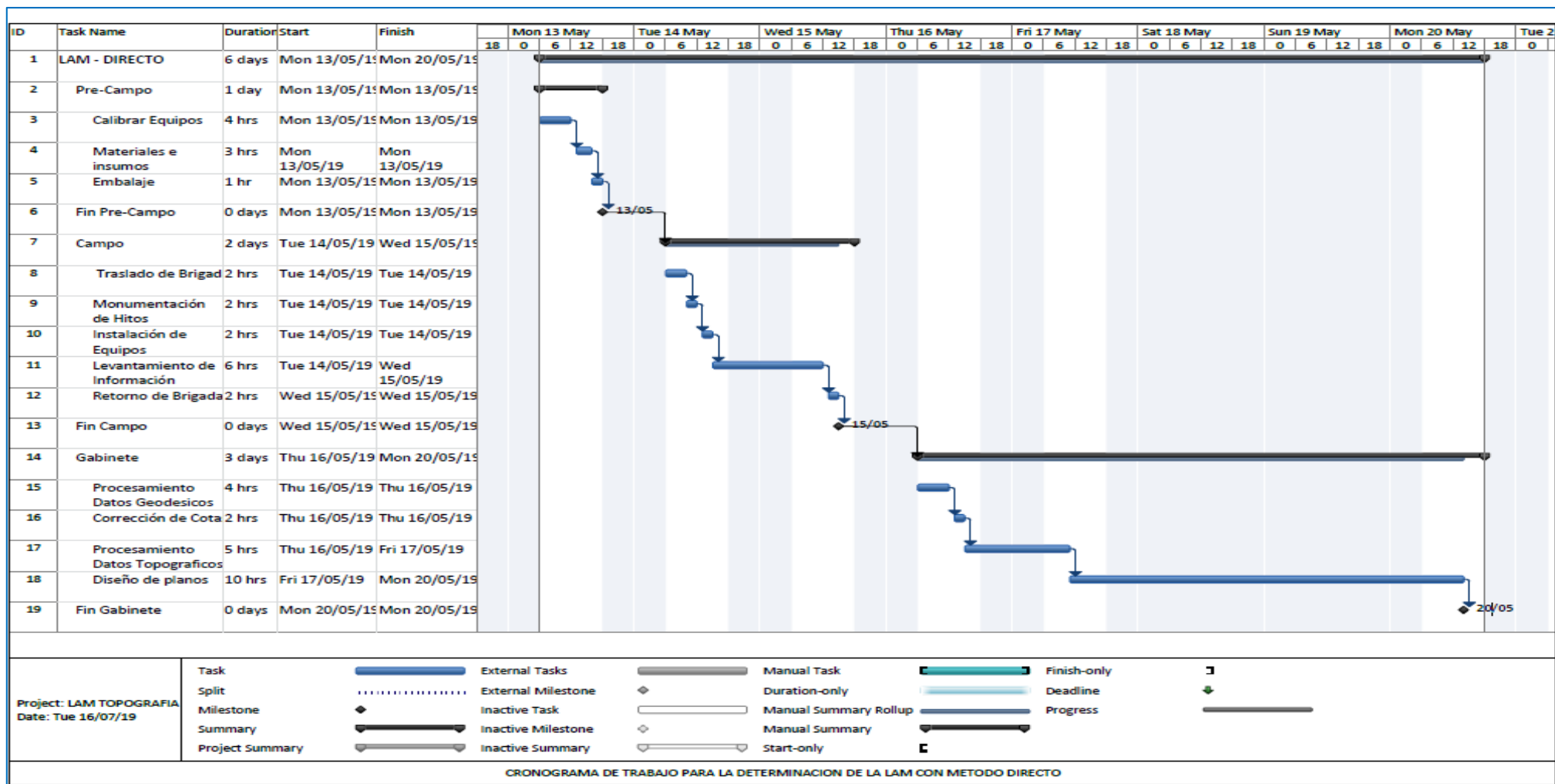


Figura 57 Tiempo del levantamiento de información con el método Tradicional

Fuente: Elaboración Propia

#### 4.1.4. Costo por levantamiento de LAM

Tabla 14 Costo del personal del método tradicional

<b>Personal</b>	<b>Días</b>	<b>Costo</b>	<b>Total</b>
<b>Ing. Geógrafo</b>	6	330	1980
<b>Topógrafo</b>	3	250	750
<b>Geodesta</b>	3	250	750
<b>Asistente</b>	3	150	450
<b>Chofer</b>	2	150	300
			<b>4230</b>

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 15 Costo de los Equipos método tradicional

<b>Equipos</b>	<b>Días</b>	<b>Costo</b>	<b>Total</b>
<b>Estación Total</b>	1.5	200	300
<b>GPS Diferencial</b>	1.5	1200	1800
			<b>2100</b>

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 16 Costo de los Materiales método tradicional

<b>Materiales</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Costo</b>	<b>Total</b>
<b>Combustible</b>	5 gls	15	75
<b>Cemento</b>	1 bls	23	23
<b>Varilla de Fierro</b>	2 m	6	12
<b>Placa de Bronce</b>	2 pcs	40	80

<b>Tubo de 6"</b>	1 m	20	20
			<b>210</b>

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 17 Costo de Transporte método tradicional

<b>Transporte</b>	<b>Días</b>	<b>Costo</b>	<b>total</b>
<b>Camioneta</b>	2	220	440
			<b>440</b>

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 18 Costo de la Habitabilidad método tradicional

<b>Habitabilidad</b>	<b>Dias</b>	<b>Costo</b>	<b>Personal</b>	<b>Total</b>
<b>Hospedaje</b>	1	50	5	250
<b>Alimentación</b>	2	60	5	600
				<b>850</b>

Fuente: Elaboración Propia

## **4.2. METODOLOGÍA PROPUESTA**

### **4.2.1. Levantamiento Geodésico.**

El transporte de coordenadas o control horizontal se realizó teniendo como punto geodésico de partida a la estación LI01, administrada por el IGN, desde donde se establecieron los puntos de apoyo PFCH denominados “ACENE1” y “ACENE2”.

El método para la determinación de las coordenadas absolutas de los puntos de apoyo “ACENE1” y “ACENE2”, fue el de Translocación Estático Diferencial; consiste en la lectura simultánea de señales de satélite con un mínimo de dos receptores en forma simultánea;

debiendo ubicarse uno en un punto de coordenadas conocidas (puntos de referencia) y el otro en el punto cuyas coordenadas se desean determinar. Las señales recibidas son almacenadas en las tarjetas de memoria de los receptores y descargadas a una computadora personal, donde mediante un programa de Post proceso se procede a determinar un vector de Translocación. Ingresando los valores de coordenadas del punto base se corrigen los valores de coordenadas del punto móvil (Rover).

El método de Translocación Estático Diferencial, se aplicó según la siguiente figura, donde se muestra la tabla.

Tabla 19 Levantamiento con GPS de acuerdo a su clasificación

ORDEN	CLASE	TIPO DE EQUIPO	NÚMERO MÍNIMO DE SESIONES	TIEMPO DE MEDIDA/ SESIÓN (HRS.)	NÚMERO DE OBSERVACIONES METEOROLÓGICAS POR SESIÓN	EFEMERIDES BASE/ CALCULO	ERROR BASE (EN CMS)
AA	UNICA	D.F.	6	6	3	3	6
A	UNICA	D.F.	3	4	3	3	5
B	UNICA	D.F.	2	2-3	2	2	3
C							
Primero	UNICA	OP	1	1-2	1	2	3
Segundo	I	OP	1	1-2	-	1	2
	II	OP	1	1-2	-	1	2
Tercero	I	OP	1	1-2	-	1	2
	II	OP	1	1-2	-	1	2

\*\*\* D.F. - DOBLE FRECUENCIA

\*\*\* OP - OPCIONAL EL USO DE DOBLE FRECUENCIA

Fuente: Norma Técnica Hidrográfica N° 29 - DHN

“Levantamientos con GPS de acuerdo a su clasificación”, publicada en la Norma Técnica Hidrográfica N° 29 – Manual de procedimientos para mediciones topográficas de la Dirección de Hidrografía y Navegación, descargada de su página web.

(Continúa en la siguiente página)



Tabla 20 Tabla de lista de puntos procesados

ID	Este (Metro)	Norte (Metro)	Elevación (Metro)	Código de característica	Factor de escala de proyección	Factor de escala de altura	Factor de escala combinada	Ángulo de convergencia de meridiano
ACENE 1	306438.888	8628751.924	31.918		1.0000635446	0.9999910599	1.0000546039	0°22'57"
ACENE 2	306405.934	8628859.829	3.401		1.0000637025	0.9999955300	1.0000592322	0°22'57"
LI01	280479.825	8661244.538	133.915	LI01	1.0001962522	0.9999753017	1.0001715491	0°25'23"

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 21 Informe de Procesamiento de líneas base

Procesando resumen

Observación	De	A	Tipo de solución	Prec. H. (Metro)	Prec. V. (Metro)	Aci. geod.	Dist. elip (Metro)	Δ Altura (Metro)
LI01 --- ACENE 2 (B2)	LI01	ACENE 2	Fija	0.003	0.013	141°44'54"	41478.791	-129.041
LI01 --- ACENE 1 (B1)	LI01	ACENE 1	Fija	0.004	0.014	141°48'21"	41583.633	-100.526

Fuente: Elaboración Propia

#### 4.2.2. Nivel de Marea

La línea de más Alta Marea (LAM), en el área de estudio es de 1.45 metros, respecto al nivel medio de bajamares y sicigias ordinarias.

La información de cota LAM fue obtenida de la Tabla de Mareas para el Puerto del Callao, elaborada por la Dirección de Hidrografía y Navegación de la Marina de Guerra del Perú. El puerto del Callao es la zona más cercana al área de estudio encontrándose aproximadamente a 50 km. de distancia de la playa Curayacu – San Bartolo - Lima.

El Datum o Cota de la Línea de Más Alta Marea, está referida al Nivel Medio de Bajamares de Sicigias Ordinarias (NMBSO), cuyos valores han sido calculados en base a la data histórica de las Estaciones Mareográficas de la Dirección de Hidrografía y Navegación instalados a lo largo de nuestra costa, dicha información incluye un ciclo nodal lunar (19 años).

<i>Estación</i>	<i>Cotas LAM (metros)</i>
El Salto	2.57
Cabo Blanco	2.48
Los Órganos	2.51
Talara	2.43
Paíta	2.20
Lobos de Afuera	1.92
Malabrigo	1.84
Salaverry	1.88
Chimbote	1.89
Huacho	1.52
Callao	1.45
Pisco	1.47
San Juan	1.40
Atico	1.50
Matarani	1.61

*Las Cotas de Línea de Más Alta Marea que se muestran en el cuadro anterior son válidas en un área de 50 km a la redonda, para cada una de las estaciones indicadas. Asimismo, estos valores han sido actualizados y rigen a partir de la fecha de su publicación.*

Figura 58 Datum o cota de la Línea de Mas Alta Marea

Fuente: Marina de Guerra del Perú

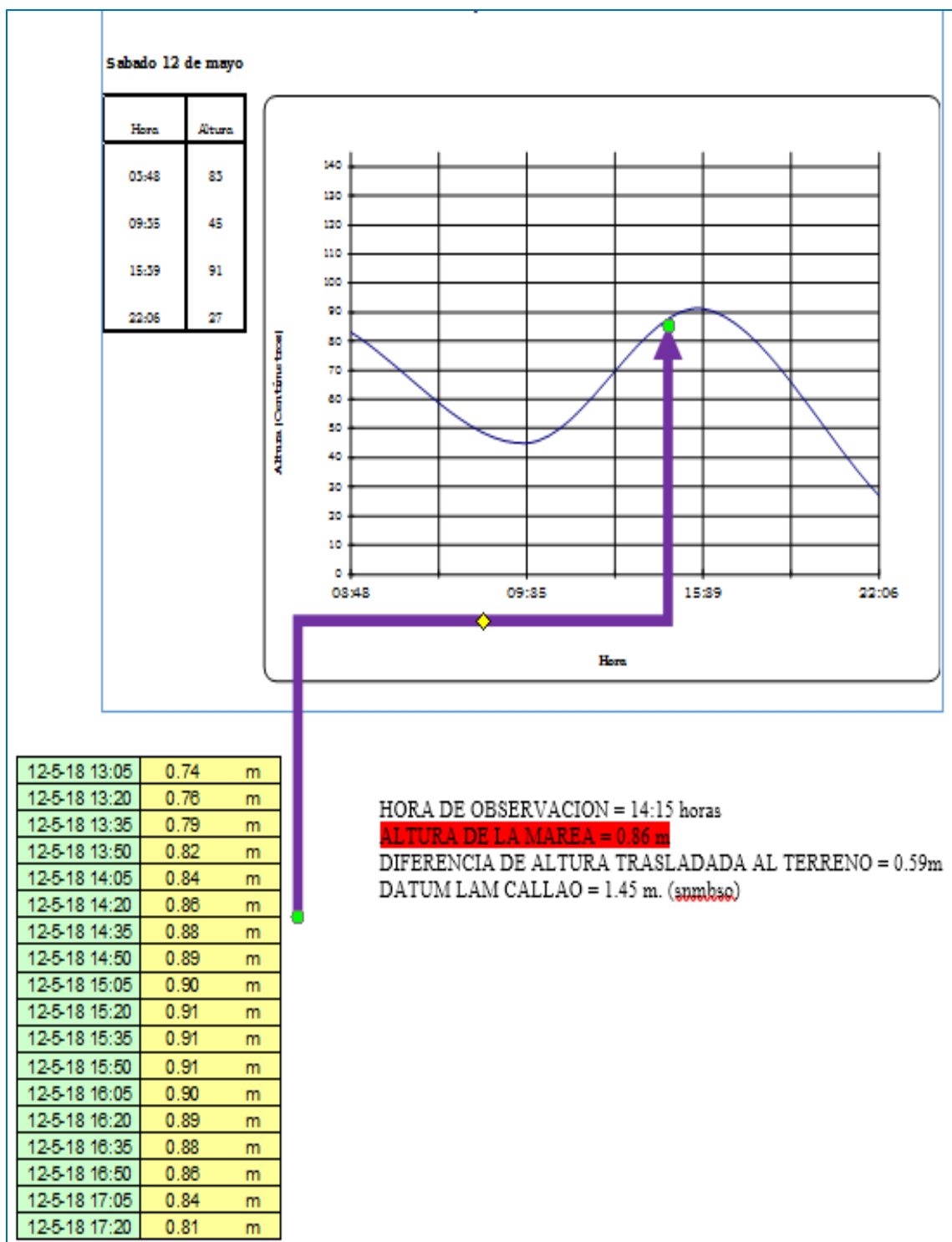


Figura 59 Mareograma del puerto del Callao

Fuente: Elaboración propia

En el momento de las observaciones del día 12 de mayo del 2018 a las 14:15 horas correspondientes a la etapa de marea descendente, el nivel de marea fue de 0.86 metros sobre

el nivel medio de bajamares de sicigias ordinarias (N.M.B.S.O.) llevándose sobre el terreno una altura de +0.59 metros para determinar la línea de más alta marea (COTA LAM 1.45 metros s.n.m.b.s.o.), en la playa Curayacu – San Bartolo – Lima.

Para la verificación del control vertical se procedió a considerar que el desnivel entre la estación ACENE 1 y el nivel del mar SNMBSO, es de 31.518 m.; y que el valor del nivel medio del mar SNMBSO según la Tabla de mareas 2018 de la DHN fue igual a 0.86 m.; por lo tanto, el valor de la cota ACENE 1 queda establecida como 32.378 m. y para ACENE 2 es igual a 3.860 m. Las cotas están referidas al NMBSO.

Tabla 22 Ajuste de Control Vertical

TAQUIMETRIA CON DISTOMAT < VERTICAL DIRECTO										Regla	0	COTA		
										Distomat	1	32.378		
BASE	8,628,751.924			306,438.888			ACENE 1			OPCION	1			
ORIGEN	8,628,859.829			306,405.934			ACENE 2			COOR CM	0			
REF PLOT	9589000.0			529330			HI	1.452		COOR METROS	1			
ESCALA	300									OPCION	1			
DISTANCIA ENTRE ESTACIONES				112.825										
MEDICIONES							CALCULOS							
N°	ANGULO H			ANGULO V			DIST INCLIN	HS	DIST HORIZ	D ELEV	NORTE	ESTE	COTA	
1	0	0	10.5	103	55	43.9	116.24595	2	112.695	-28.5	8628859.706	306405.978	3.864	ACENE2
2	0	0	10.7	103	55	44.9	116.273748	2	112.721	-28.5	8628859.732	306405.970	3.857	ACENE2
3	0	0	10.9	103	55	44.9	116.260649	2	112.709	-28.5	8628859.720	306405.974	3.860	ACENE2 3.860
234	347	51	57	106	17	19	110.62862	2	106.033	-31.6	8628844.558	306387.293	0.824	AGUA 1415
235	347	52	48	106	16	17	110.65202	2	106.065	-31.5	8628844.598	306387.301	0.849	AGUA 1415
236	347	52	1.9	106	14	34	110.75351	2	106.178	-31.5	8628844.686	306387.225	0.874	AGUA 1415
237	347	51	55	106	14	39	110.75021	2	106.174	-31.5	8628844.680	306387.223	0.872	AGUA 1415
238	347	52	9.3	106	14	37	110.71331	2	106.139	-31.5	8628844.653	306387.247	0.883	AGUA 1415

En la tabla se observan las mediciones de marea para la hora correspondiente de 14:15 así como las mediciones de ángulos y distancias del punto de origen ACENE1 con los valores de cota compensados.

Fuente: Elaboración Propia

### 4.2.3. Determinación de la línea de alta marera (LAM)

Se efectuó un reconocimiento previo de la playa y área adyacente para conocer las características geomorfológicas del lugar y ubicación de los puntos de control horizontal, necesarios para el establecimiento de la Línea de Mas Alta Marea (LAM) y posterior materialización mediante la señalización de los hitos, los que corresponden al Norte y Sur de la línea de hasta 50 metros paralela a la LAM.

Se realizaron observaciones y mediciones de nivel medio del mar con una regla referida a un “cero” arbitrario durante un rango de marea, a fin de comparar la amplitud y hora de marea observada y la pronosticada, estableciéndose diferencia no significativa.

A continuación, se incluye la información de la tabla de marea con alturas referidas a nivel medio de bajamares de sicigias ordinarias (NMBSO), con los resultados que a continuación se indican y asimismo el mareograma de la fecha que se indica en el gráfico de marea:

Fecha de observación:	12 de mayo del 2018
Hora de observación:	14:15 p.m.
Altura de marea	0.86 m. (s.n.m.b.s.o.)

Para tal efecto, se procedió a señalar, con marcas consideradas bajo criterio como visibles durante el vuelo con el UAV, en la playa el límite superior e inferior hasta donde llegan las olas y se marcó la línea de máxima retiro y la línea máxima de salida del agua con respecto a tierra, para luego determinar la línea intermedia, y una vez establecido la diferencia de nivel en el mareograma respecto de la hora.

En el momento de las observaciones del día 12 de mayo del 2018 a las 14:15 horas correspondientes a la etapa de marea descendente, el nivel de marea fue de 0.86 metros sobre el nivel medio de bajamares de sicigias ordinarias (N.M.B.S.O.) llevándose sobre el terreno una altura de +0.59 metros para determinar la línea de más alta marea (COTA LAM 1.45 metros s.n.m.b.s.o.), en la playa Curayacu – San Bartolo – Lima.

#### **4.2.4. Levantamiento Fotogramétrico**

Como resultado del levantamiento fotogramétrico, se obtuvo la captura de 155 imágenes, las mismas que fueron tomadas desde una altura promedio de 54.1 metros a una resolución en el terreno de 1.45 centímetros por pixel.

En total se levantó un área de 54,500.00 metros cuadrados; durante el vuelo se reconoció 140 posiciones del sensor para la captura de imágenes, estableciéndose en la etapa de post-proceso 34,712 puntos de enlace y 110,275 proyecciones.

(Continúa en la siguiente página)

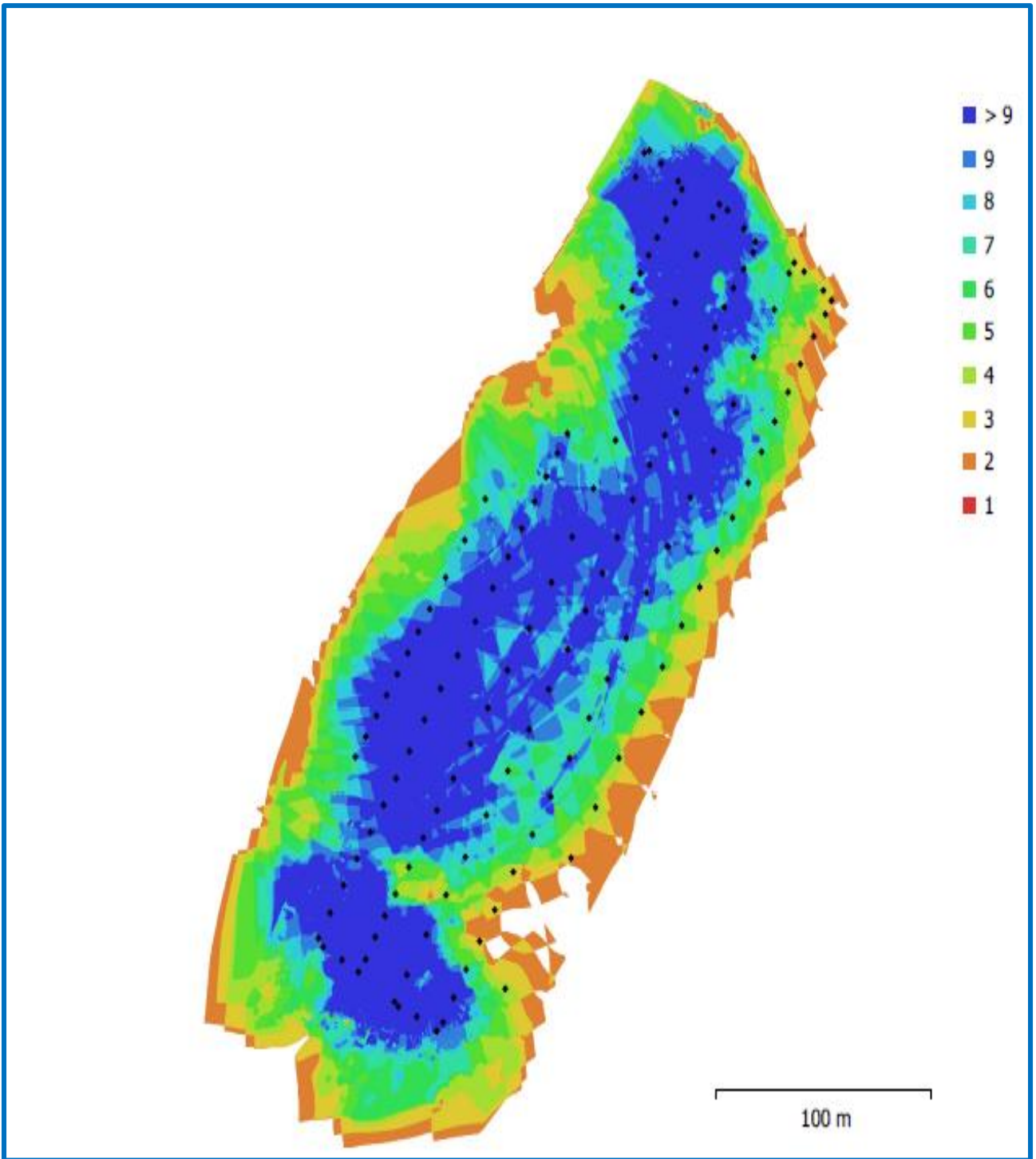


Figura 60 Posición de cámaras y solapamiento de imágenes

Fuente: Elaboración Propia

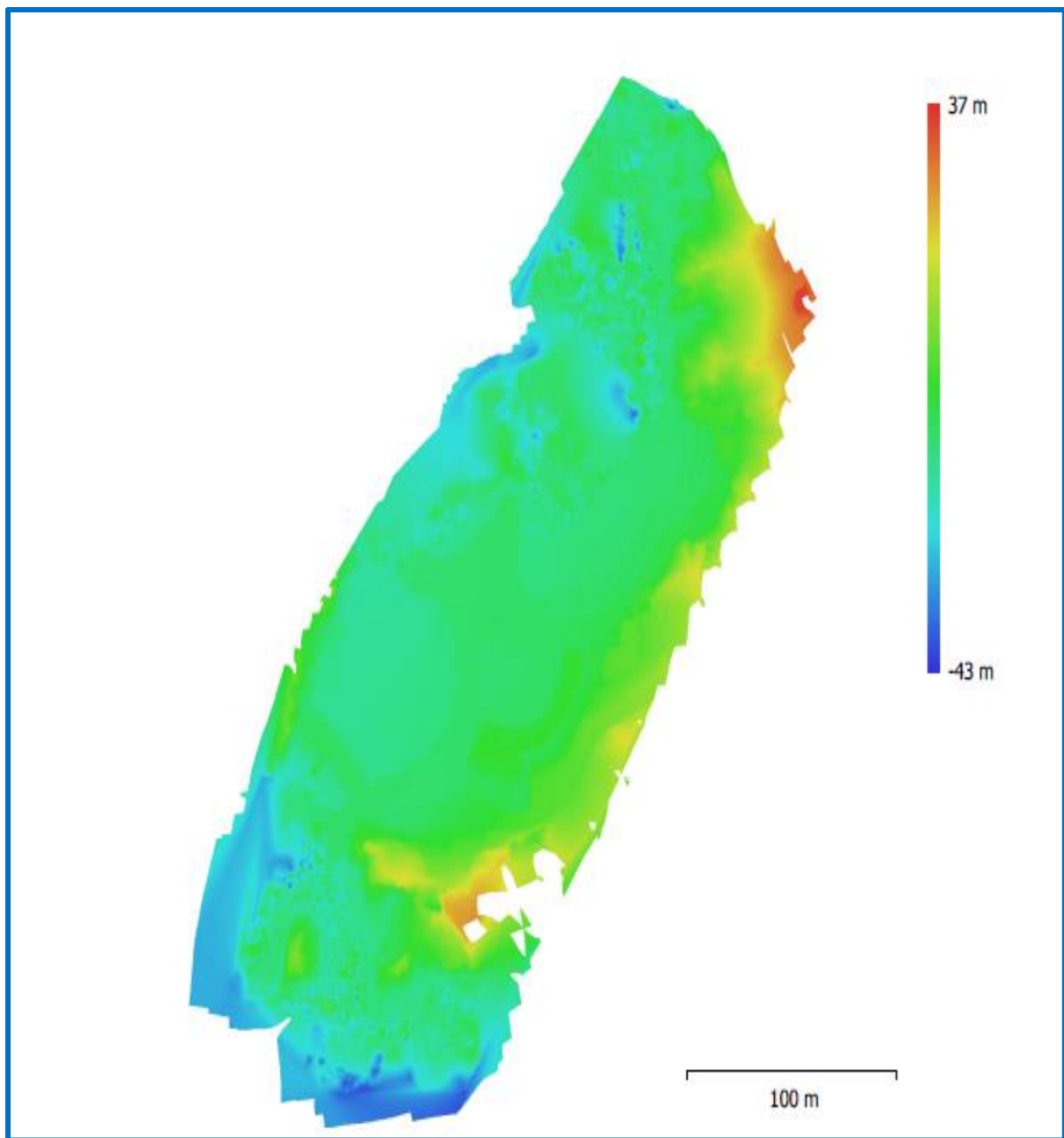


Figura 61 Modelo digital de elevaciones.

Fuente: Elaboración Propia

Para el modelo digital de elevaciones se obtuvo una resolución espectral de 5.78 cm por cada pixel, lo cual está referido como unidad mínima de cada captura durante el vuelo fotogramétrico efectuado por el UAV; así también se obtuvo una densidad de 299 puntos por cada metro cuadrado.



<b>Generales</b>	
Cámaras	155
Cámaras orientadas	140
Marcadores	2
<b>Formas</b>	
Polilíneas	476
Polígonos	27527
Sistema de coordenadas	WGS 84 / UTM zone 18S (EPSG::32718)
Ángulo de rotación	Guiñada, cabeceo, alabeo
<b>Nube de puntos</b>	
Puntos	34,712 de 39,517
RMS error de reproyección	0.298521 (1.83402 pix)
Error de reproyección máximo	1.83254 (45.6678 pix)
Tamaño promedio de puntos característicos	6.52578 pix
Colores de puntos	3 bandas, uint8
Puntos claves	No
Multiplicidad media de puntos de paso	3.40805
<b>Parámetros de orientación</b>	
Precisión	Media
Pre-selección genérica	Sí
Pre-selección de referencia	Sí
Puntos claves por foto	40,000
Puntos de enlace por foto	1,000
Adaptativo ajuste del modelo de cámara	Sí
Tiempo búsqueda de puntos homólogos	5 minutos 20 segundos
Tiempo de orientación	47 segundos
<b>Parámetros de optimización</b>	
Parámetros	f, b1, b2, p1, p2
Adaptativo ajuste del modelo de cámara	Sí
Tiempo de optimización	2 segundos
<b>Nube de puntos densa</b>	
Puntos	14,977,368
Colores de puntos	3 bandas, uint8
<b>Parámetros de reconstrucción</b>	
Calidad	Media
Filtrado de profundidad	Moderado
Tiempo de generación de mapas de profundidad	23 minutos 52 segundos
Tiempo de generación de nube de puntos densa	2 minutos 46 segundos
<b>Modelo</b>	
Caras	971,576
Vértices	488,549
Colores de vértices	3 bandas, uint8
Textura	4,096 x 4,096, 4 bandas, uint8
<b>Parámetros de reconstrucción</b>	
Tipo de superficie	Bajorrelevo / terreno
Datos fuente	Densa
Interpolación	Habilitada
Calidad	Media
Filtrado de profundidad	Moderado
Número de caras	998,489

<b>Generales</b>	
Duración del procesamiento	42 segundos
<b>Parámetros de texturizado</b>	
Modo de mapeado	Ortofoto adaptativa
Modo de mezcla	Mosaico
Tamaño de textura	4,096 x 4,096
Realizar el relleno de agujeros	Sí
Habilitar el filtro de efecto fantasma	No
Tiempo de mapeado en UV	38 segundos
Tiempo de mezcla	2 minutos 46 segundos
<b>Modelo digital de elevaciones</b>	
Tamaño	8,012 x 9,276
Sistema de coordenadas	WGS 84 / UTM zone 18S (EPSG::32718)
<b>Parámetros de reconstrucción</b>	
Datos fuente	Mala
Interpolación	Habilitada
Duración del procesamiento	1 minuto 8 segundos
<b>Ortomosaico</b>	
Tamaño	20,794 x 26,744
Sistema de coordenadas	WGS 84 / UTM zone 18S (EPSG::32718)
Colores	3 bandas, uint8
<b>Parámetros de reconstrucción</b>	
Modo de mezcla	Mosaico
Superficie	Malla
Realizar el relleno de agujeros	Sí
Duración del procesamiento	4 minutos 40 segundos
<b>Software</b>	
Versión	1.5.0 build 7492
Plataforma	Windows 64

Figura 62 Parámetros de procesamiento

Fuente: Elaboración Propia

Se presenta un reporte del software para el post-proceso de las capturas fotogramétricas en la cual incluye los resultados de los procesos efectuados.

• Cronograma de actividades

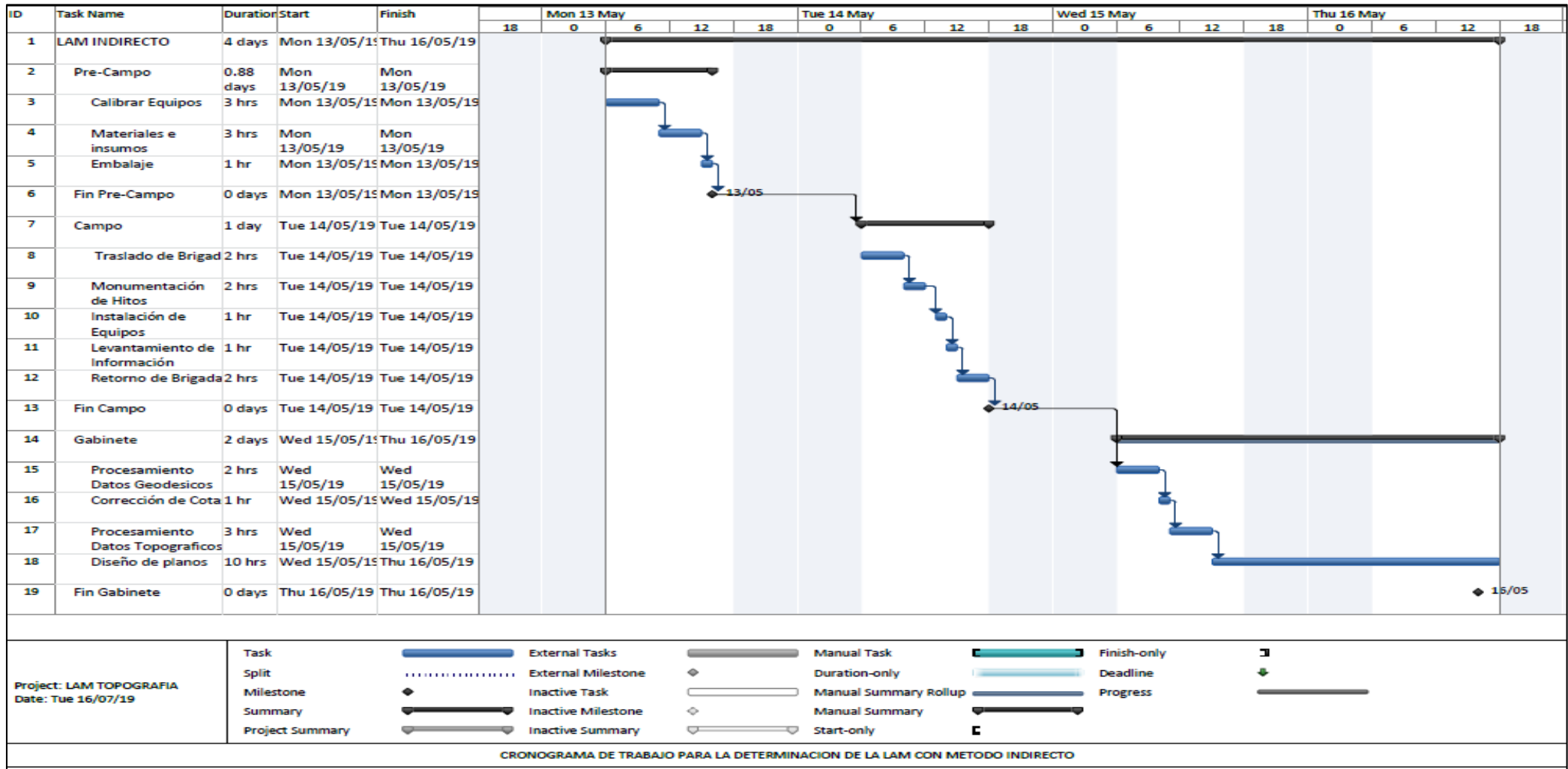


Figura 63 Tiempo del levantamiento de información mediante el UAV (Indirecto)

Fuente: Elaboración Propia

Cronograma de actividades y procesos para el levantamiento de información con el método propuesto.

#### 4.2.4.1. Costo por levantamiento de LAM

Tabla 23 Costo del personal método propuesto

Personal	Días	Costo	Total
Ing. Geógrafo	4	330	1320
Topógrafo	2	250	500
Geodesta	2	250	500
Asistente	2	150	300
Chofer	1	150	150
			2770

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 24 Costo de los equipos método propuesto

Equipos	Días	Costo	Total
Drone	1.5	600	900
GPS Diferencial	1.5	1200	1800
			<b>2700</b>

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 25 Costo de los materiales método propuesto

<b>Materiales</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Costo</b>	<b>Total</b>
Combustible	5 gls	15	75
Cemento	1 bls	23	23
Varilla de Fierro	2 m	6	12
Placa de Bronce	2 pcs	40	80
Tubo de 6"	1 m	20	20
			<b>210</b>

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 26 Costo del transporte método indirecto

<b>Transporte</b>	<b>Días</b>	<b>Costo</b>	<b>total</b>
Camioneta	1	220	220
			<b>220</b>

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 27 Costo de la habitabilidad método indirecto

<b>Habitabilidad</b>	<b>Días</b>	<b>Costo</b>	<b>Personal</b>	<b>Total</b>
Hospedaje	0	50	5	0
Alimentación	1	60	5	300
				<b>300</b>

Fuente: Elaboración Propia

- ✓ **Análisis comparativo de costos del método tradicional y el levantamiento de información mediante el UAV**

#### 4.2.4.2. Comparación de resultados de la metodología tradicional con la metodología propuesta.

#### 4.2.4.3. Comparación de precisión espacial

Teniendo en consideración la morfología costera, se determinaron los siguientes puntos de validación, los mismos que servirán para efectuar la comparación entre el método tradicional y el levantamiento de información mediante el UAV, los cuales se detalla en el siguiente cuadro de coordenadas.

Tabla 28 Coordenadas de los puntos de control (Sin corrección)

Como recordamos el UAV cuenta con un GPS incorporado, el mismo sobre el que se comento que no es recomendado puesto al error que presenta, por ello en la presente tabla analizamos el desfase entre las coordenadas del método tradicional y el levantamiento de UAV sin corregir en base a los puntos de apoyo geodésicos.

PUNTO	ESTE	NORTE	ESTE'	NORTE'	$\Delta$ ESTE	$\Delta$ NORTE	$\Delta$ DISTANCIA
1	306360.785	8628841.753	306360.590	8628842.154	0.19	-0.40	0.45
2	306354.797	8628828.294	306354.620	8628828.721	0.18	-0.43	0.46
3	306355.205	8628821.610	306355.016	8628822.033	0.19	-0.42	0.46
4	306354.915	8628811.740	306354.754	8628812.167	0.16	-0.43	0.46
5	306353.816	8628801.972	306353.691	8628802.444	0.13	-0.47	0.49
6	306362.193	8628795.033	306362.055	8628795.498	0.14	-0.46	0.49
7	306375.428	8628792.655	306375.241	8628793.075	0.19	-0.42	0.46
8	306377.005	8628801.360	306376.787	8628801.884	0.22	-0.52	0.57
9	306385.866	8628814.489	306385.666	8628814.880	0.20	-0.39	0.44
10	306392.167	8628824.326	306391.967	8628824.718	0.20	-0.39	0.44

11	306401.449	8628833.688	306401.278	8628834.044	0.17	-0.36	0.39
12	306442.399	8628852.721	306442.120	8628852.197	0.28	0.52	0.59
13	306453.918	8628855.793	306453.654	8628855.419	0.26	0.37	0.46
14	306458.972	8628860.719	306458.704	8628860.331	0.27	0.39	0.47
15	306461.499	8628865.090	306461.377	8628864.809	0.12	0.28	0.31
16	306470.497	8628868.384	306470.215	8628867.819	0.28	0.56	0.63
17	306482.455	8628871.562	306482.110	8628870.969	0.35	0.59	0.69
18	306486.227	8628873.113	306485.814	8628872.554	0.41	0.56	0.70
19	306490.291	8628880.654	306490.012	8628880.323	0.28	0.33	0.43
20	306496.102	8628886.830	306495.852	8628886.272	0.25	0.56	0.61
21	306504.333	8628899.675	306504.057	8628899.150	0.28	0.53	0.59
22	306509.172	8628910.670	306508.800	8628910.154	0.37	0.52	0.64
23	306509.286	8628916.195	306508.880	8628915.822	0.41	0.37	0.55
24	306499.495	8628922.021	306499.031	8628921.629	0.46	0.39	0.61

MUESTRA	24
PROMEDIO	0.5157
MAX	0.70
MIN	0.31
MEDIANA	0.48
DESVIACIÓN ESTANDAR	0.09861
INTERVALO DE CONFIANZA 95%	0.03945
Z	1.95996398
Zcal	1.77355842

Hipotesis	0.48
LI	LS
0.4762	0.5552

Fuente: Elaboración Propia

Luego de efectuar la comparación entre el método tradicional y el levantamiento de información con el UAV con coordenadas sin corregir, se determinó en la desviación estándar un resultado aceptable como límite inferior de 0.4762 cm. y de 0.555 cm. como límite superior.

En el siguiente cuadro comparativo, determinaremos el desfase entre los puntos de control para la línea de más alta marea establecida por el método tradicional en contraste con el levantamiento con UAV posterior a la corrección de coordenadas mediante los puntos de apoyo geodésico.

Tabla 29 Coordenadas de los puntos de control (Corregidos)

PUNTO	ESTE	NORTE	ESTE'	NORTE'	$\Delta$ ESTE	$\Delta$ NORTE	$\Delta$ DISTANCIA
1	306360.785	8628841.753	306360.789	8628841.763	0.00	-0.01	0.01
2	306354.797	8628828.294	306354.819	8628828.330	-0.02	-0.04	0.04
3	306355.205	8628821.610	306355.215	8628821.642	-0.01	-0.03	0.03
4	306354.915	8628811.740	306354.954	8628811.776	-0.04	-0.04	0.05
5	306353.816	8628801.972	306353.890	8628802.053	-0.07	-0.08	0.11
6	306362.193	8628795.033	306362.254	8628795.107	-0.06	-0.07	0.10
7	306375.428	8628792.655	306375.441	8628792.685	-0.01	-0.03	0.03
8	306377.005	8628801.360	306376.986	8628801.494	0.02	-0.13	0.14
9	306385.866	8628814.489	306385.866	8628814.489	0.00	0.00	0.00
10	306392.167	8628824.326	306392.166	8628824.327	0.00	0.00	0.00
11	306401.449	8628833.688	306401.477	8628833.653	-0.03	0.03	0.04
12	306442.399	8628852.721	306442.47	8628852.589	-0.07	0.13	0.15
13	306453.918	8628855.793	306454.041	8628855.812	-0.12	-0.02	0.12



14	306458.972	8628860.719	306459.094	8628860.724	-0.12	0.00	0.12
15	306461.499	8628865.090	306461.746	8628865.166	-0.25	-0.08	0.26
16	306470.497	8628868.384	306470.605	8628868.218	-0.11	0.17	0.20
17	306482.455	8628871.562	306482.482	8628871.369	-0.03	0.19	0.19
18	306486.227	8628873.113	306486.208	8628872.951	0.02	0.16	0.16
19	306490.291	8628880.654	306490.381	8628880.675	-0.09	-0.02	0.09
20	306496.102	8628886.830	306496.271	8628886.678	-0.17	0.15	0.23
21	306504.333	8628899.675	306504.449	8628899.525	-0.12	0.15	0.19
22	306509.172	8628910.670	306509.222	8628910.498	-0.05	0.17	0.18
23	306509.286	8628916.195	306509.285	8628916.232	0.00	-0.04	0.04
24	306499.495	8628922.021	306499.462	8628921.993	0.03	0.03	0.04

MUESTRA	24
PROMEDIO	0.1058
MAX	0.26
MIN	0.00
MEDIANA	0.10
DESVIACIÓN ESTANDAR	0.07655
INTERVALO DE CONFIANZA 95%	0.03063
Z	1.95996398
Zcal	1.65082876

Hipótesis	0.08
LI	LS
0.0752	0.1364

Fuente: Elaboración Propia

Luego de efectuar la comparación entre el método tradicional y el levantamiento de información con el UAV (método propuesto) con las coordenadas corregidas por los puntos de apoyo geodésicos, se determinó en la desviación estándar que un resultado aceptable como

límite inferior es de 0.0752 m. y de 0.1364 m. como límite superior considerando una hipótesis de 0.08 m.

### 4.3. ANÁLISIS DE COMPARACIÓN DE COSTOS

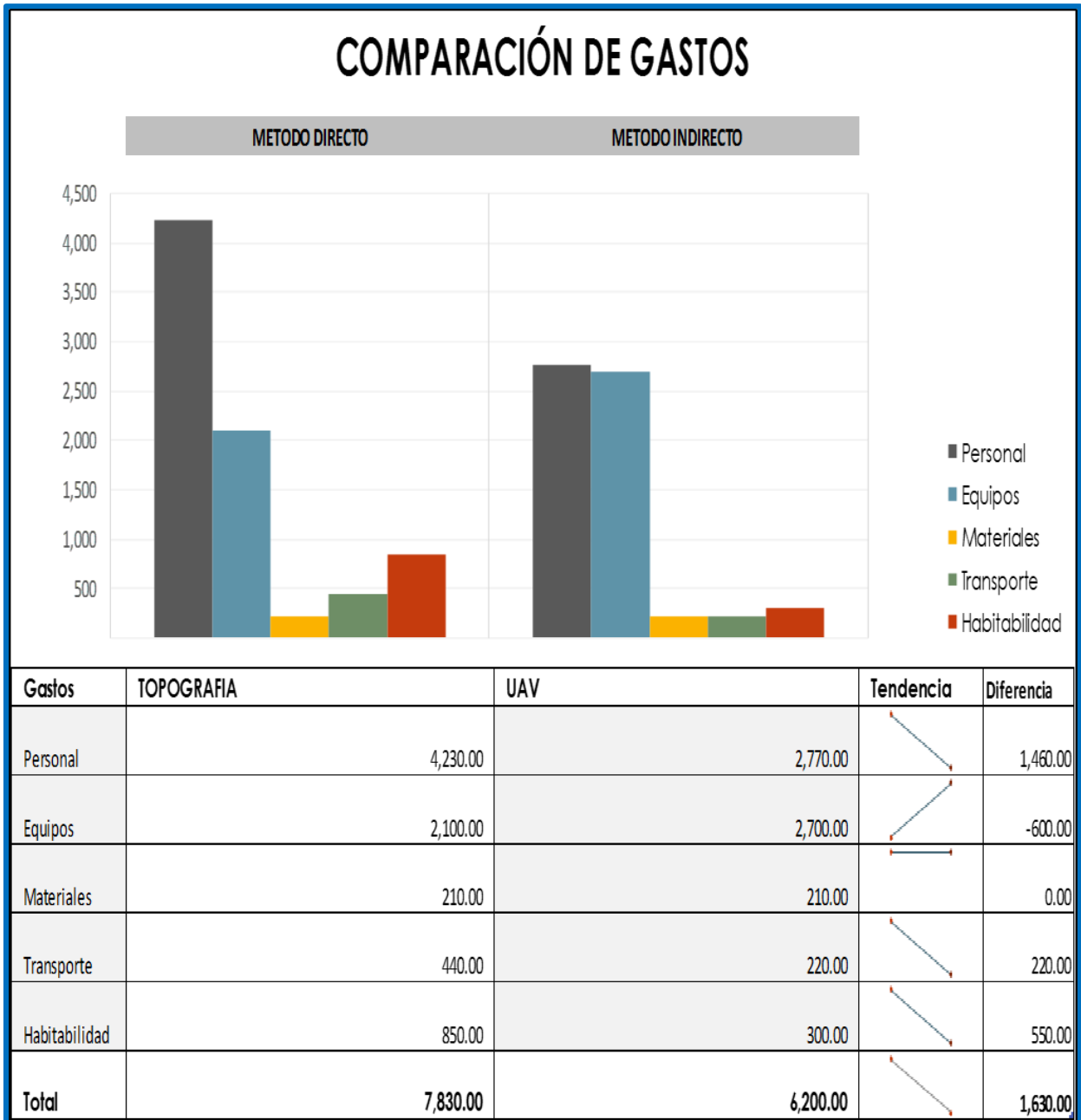


Figura 64 Comparación de gastos

Fuente: Elaboración Propia

Se evalúan los costos por grupos relacionados tales como: personal, equipos, materiales, transporte y habitabilidad; según el análisis efectuado se determinó que la metodología propuesta, con el UAV, resulta demandar un menor costo; también deberá considerarse (ver resultado de análisis comparativo de cronogramas) que el UAV efectuó el trabajo en dos horas, por lo cual es lógico aumentar la rentabilidad de emplearse la propuesta en un área mayor y volando 6 horas por día.

#### 4.4. ANÁLISIS DE COMPARACIÓN DE CRONOGRAMA

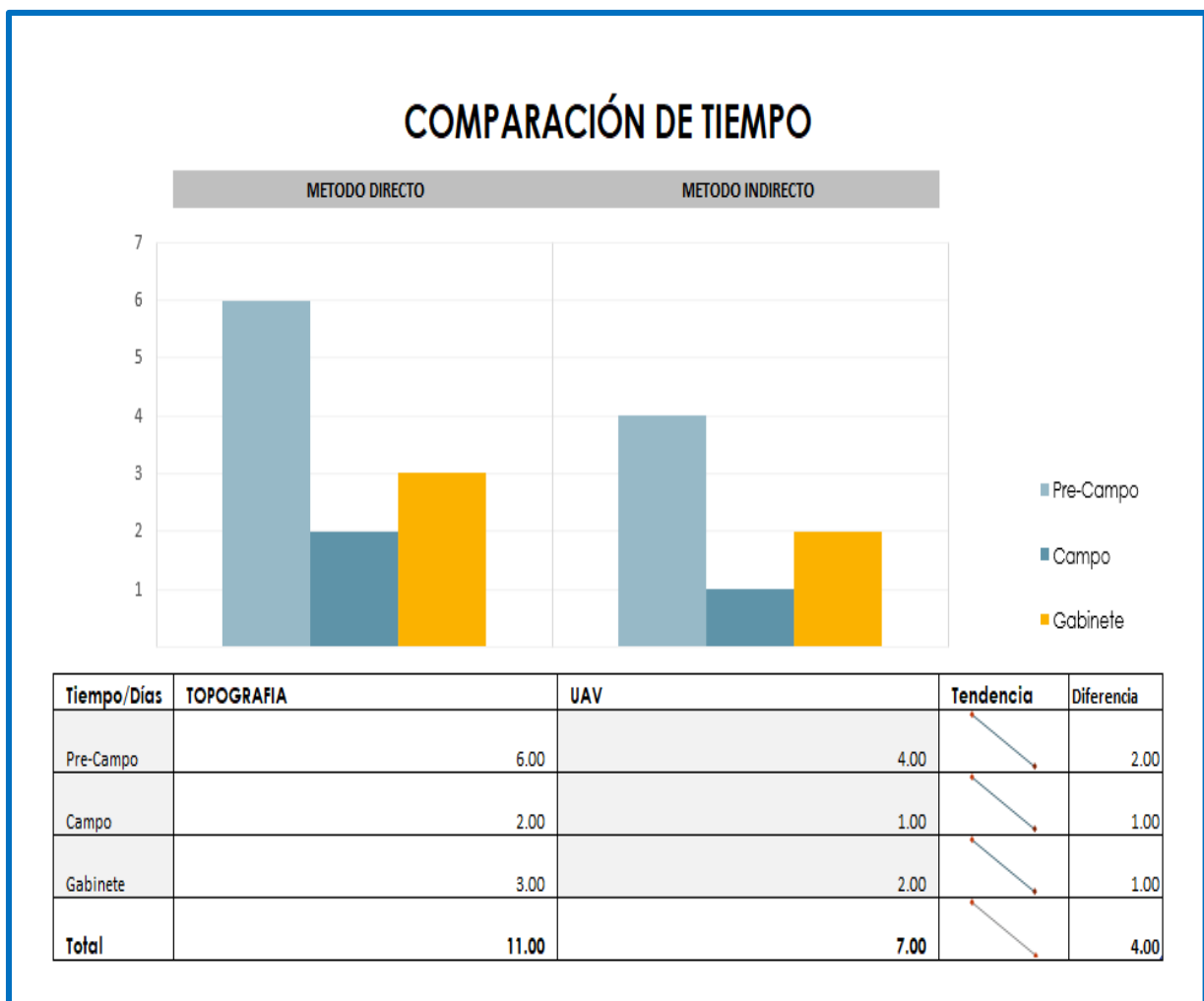


Figura 65 Comparación de Tiempo

Fuente: Elaboración Propia

El levantamiento de información mediante el UAV, demanda de una menor cantidad de tiempo. Considerar que, en la parte de campo, de trabajar un área mayor, el UAV podría trabajar más una jornada normal de 6 horas, levantando así una extensión mayor de terreno (ver detalle de cronograma en el procedimiento).

(Continúa en la siguiente página)

## V. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Luego de los análisis referidos a los resultados obtenidos, se procede a discutir los resultados relevantes, en los documentos bibliográficos considerados para la presente investigación.

Se concuerda con los Srs. Vazquez, J., & Backhoff, M. (2017). En su Publicación Técnica denominada “Procesamiento geo-informático de datos generados mediante drones para la gestión de infraestructura del transporte”; ya que como parte de sus conclusiones menciona que: “En primer lugar conviene indicar que es más relevante el sensor utilizado que el dron seleccionado para hacer el levantamiento, así como tener una idea clara y objetivos bien definidos sobre lo que se pretende obtener con las fotografías tomadas así como con los productos resultantes de procesarlas”. Para la presente propuesta metodológica se empleó un sensor con resolución espacial de 20MP.

Se concuerda con el Sr. Sani, C. (2015). Quien en su tesis titulada: “Vehículos aéreos no tripulados UAV para la elaboración de cartografía escalas grandes referidas al marco de referencia sirgas” concluye que: “Los resultados de comparar los GCP GNSS con la posición del mosaico automático nos indica que, la posición media de la fotografía aérea automática es de 0,605 m en Norte y 0,593 en Este. Además, se tiene una desviación estándar de 0,337 m en Norte y 0,536 m en Este”. En la presente propuesta metodológica, se obtuvo como resultado del mosaico automática un valor promedio de 0.550 m.

Se concuerda con los Srs. Coello, A., & Ballesteros, G. (2016). En su trabajo de investigación denominado: “Fotogrametría de UAV de ala fija y comparación con topografía clásica”. Ya que en sus conclusiones mencionan que: “Durante la realización de este Proyecto

Fin de Carrera, encontramos en el UX5 una potente herramienta para la realización de un levantamiento topográfico, así como para la generación de los productos obtenidos derivados de la fotogrametría como las ortofotos, sin necesidad de tener grandes conocimientos en el uso de los vehículos aéreos no tripulados y su correspondiente software. Pero, todo esto no habría tenido sentido sin los conocimientos sobre topografía clásica. Ya que es necesario para la obtención de buenos productos contar también con un buen equipo y haber realizado buenas mediciones, como en este caso con el GPS, de los puntos de apoyo”; del mismo modo en la presente propuesta metodológica se da en valor los beneficios y potencial de un levantamiento de información indirecto y a su vez se reitera que la precisión estará vinculada a los puntos de apoyo los cuales deberán ser considerados como estrictamente necesarios.

Se discrepa con el Sr. Sani, C. (2015). Quien en su tesis titulada: “Vehículos aéreos no tripulados UAV para la elaboración de cartografía escalas grandes referidas al marco de referencia sirgas” concluye que: “El mosaico ajustado con puntos de control tiene una media en la diferencia posicional Norte/Este de 0.014 m y 0,013 m respectivamente, con una desviación estándar de 0,021 m en Norte y 0,017 m. al Este.”. En la presente propuesta metodológica, se obtuvo como resultado del mosaico ajustado a los puntos de control, un valor promedio de 0.105 m.

## VI. CONCLUSIONES

- **Primero:** Se concluye con los resultados obtenidos en la zona de estudio, que el área presenta una playa de muy poco ancho por la existencia de ruptura de continuidad existente por encontrarse próxima a una zona acantilados.

En relación a la precisión espacial y tomando en consideración los 24 puntos de validación, se determinó que la hipótesis de 0.08 metros de precisión es aceptable en la desviación estándar con un nivel de confianza de 95%, manteniendo un rango entre 0.075 y 0.136 metros de variación espacial entre los métodos de medición tradicional y el UAV.

Con el método del UAV se pudo capturar y representar mejor las zonas de pérdida de continuidad, así como los trabajos de planimetría para la representación de instalaciones existentes y zonas de poco acceso.

- **Segundo:** La determinación de línea de más alta marea con el UAV resulta un 33% más eficiente ya que en el proceso total el método tradicional se ejecutó en 6 días, mientras que el levantamiento con UAV se ejecutó en 4 días de trabajo.

En la etapa de campo, la optimización en el levantamiento de información con el UAV permitió ahorrar tiempo ya que el levantamiento de información en campo solo tardó 1 hora, mientras que el levantamiento de información con el método tradicional tardó 6 horas; en consecuencia, el trabajo de la brigada se redujo a 1 día; mientras que con el método tradicional la brigada permaneció 2 días en campo tal como lo demuestra los gráficos N°9 y N°10. En la etapa de gabinete, el procesamiento de la información del UAV resultó ser más óptimo considerando 1 día menos en comparación con el método tradicional.

- **Tercero:** En el análisis del costo total, el método con el UAV resultó ser un 26.29% más rentable frente al levantamiento tradicional.

De los gastos considerados, en el punto “Equipos” se presentó un 22.22% más rentable en el método tradicional, esto es debido al precio de alquiler del Drone en contraste con el precio de una estación total por día de trabajo; considerar que el Drone voló la zona durante 1 hora, de emplearse el método indirecto para otros casos con mayor ámbito espacial, el Drone por día podrá abarcar mayor área, ampliando así la eficiencia y costo a favor de la propuesta metodológica.



## VII. RECOMENDACIONES

- Emplear los UAV como método de determinación de Línea de Más Alta Marea, ya que se ha demostrado su eficiencia y precisión para tal fin, obteniendo resultados espaciales con un desfase de 0.14 metros.
- Emplear los UAV como método de determinación de ruptura de continuidad por el alcance que este tiene, ya que por la geomorfología de la zona en muchos casos son zonas inaccesibles para el levantamiento de información directa.
- Realizar la planimetría de infraestructuras marítimas o colindantes al mar con el UAV, ya que se obtendrá un mejor detalle de las mismas y su relación con la Línea de Más Alta Marea.
- Anexar la ortofoto obtenida del post-proceso, a los estudios de determinación de Línea de Más Alta Marea, a fin de obtener un mejor alcance visual sobre la geomorfología del terreno y las infraestructuras existentes.

## VII. REFERENCIAS

- Alcántara , D. (2014). *Tpografía y sus aplicaciones*. Mexico: Compañía editorial continental.
- ANAC. (2017). *Orientações Para Usuários de Drones*. Brasilia: ANAC.
- Aranzamendi Ninacondor, L. (2010). *La Investigación Jurídica*. Lima: Grijley.
- BooMap. (2016). *Estacion Total Leica TCR 403*. Obtenido de <https://www.boomap.cl/stacion-total-leica-tcr-403/>
- Cabrera. (2012). *La imagen digital* . Departamento tecnologico IES .
- Cadena, M. (2012). *Nivel del Mar y régimen de marea en las estaciones mareográficas de colombia*. Bogota: Instituto de Hidrologia y Estudios Ambientales.
- Coello, A., & Ballesteros, G. (2016). *Fotogrametría de UAV de ala fija y comparación con topografía clásica*. Madrid: Universidad Politecnica de Madrid.
- Delgado, M. (20 de Mayo de 2019). *Extension de archivo DGN*. Obtenido de <https://es.downloadastro.com/Archivos%20de%20Windows/dgn/>
- Diario el Peruano. (11 de Junio de 2018). Aprueban la implementación del Índice de las Estaciones de Rastreo Permanente que constituye la Red Geodésica Peruana de Monitoreo Continuo (REGPMOC). pág. 1.
- Díaz , S. (2010). *Manejador de Imagenes*. Alfaomega.
- Erba, D., & Piumetto, M. (2016). *Making Land Legible: Cadastres for Urban Planning and Development in Latin America*. Instituto Lincoln de Políticas de Suelo.

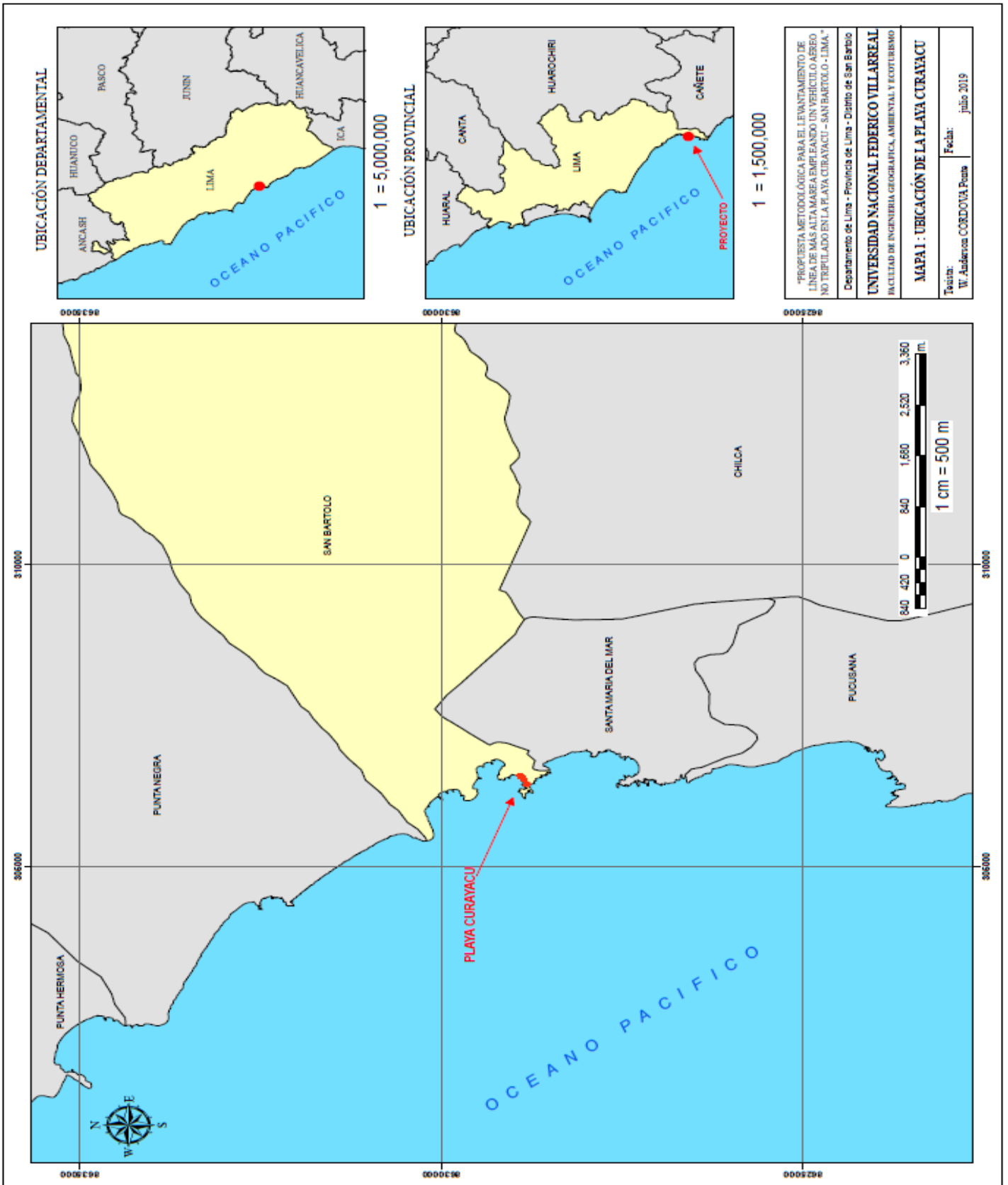
- Escalante , C. (2017). *Topografía Superficial*. IESTP.
- Fuentes, J. (2012). *Topografía*. México: Red Tercer Milenio.
- Galiana, T. (1988). Pequeño Larousse de Ciencias y Tecnicas. *Revista Mar y Pesca*, 1988.
- Garcia, F. (2003). *Curso Basico de Topografía*. Mexico: Editorial Pax Mexico .
- Geohidrotec. (2018). *GPS geodésicos Marca Topcon Modelo HIPER II*. Obtenido de [https://etryi.pro/azgvrjkzdm/wR0BCWDcsCf0Sac/?rid=-7EBNQCgQAAHDY2wIABgEBEREKEQkKEQ1CEQ0SAAF\\_YWRjb21ibwEx&subacc=NightCom\\_PE\\_1.1MG&subacc2=5710036s762142&subacc3=3595117&site\\_option=0&esub=-7EBRQCgQfi4Xk1QFzSCTY2wID7U0zgk-g2TOh2UkBAAMPeRPoXBERChEJGhENQhENW](https://etryi.pro/azgvrjkzdm/wR0BCWDcsCf0Sac/?rid=-7EBNQCgQAAHDY2wIABgEBEREKEQkKEQ1CEQ0SAAF_YWRjb21ibwEx&subacc=NightCom_PE_1.1MG&subacc2=5710036s762142&subacc3=3595117&site_option=0&esub=-7EBRQCgQfi4Xk1QFzSCTY2wID7U0zgk-g2TOh2UkBAAMPeRPoXBERChEJGhENQhENW)
- Geotop. (2006). *Trípode de Aluminio Topcon TP110*. Obtenido de <https://geotop.com.pe/producto/accesorios/tripodes/tripode-topcon/topcon-tp110/>
- Hernández Sampieri, R., Fernández Callado, C., & Baptista Lucio, P. (2010). *Metodología de la Investigación* (5. ta ed.). México: Mc Graw Hill.
- Ibañez. (2016). *Geodesia*. Madrid: IGN.
- Ies, L. (2011). *Las Mareas*.
- Leñiz, R. (2008). *Mareas y corrientes*. Navegacion Costera.
- Long, N., Millescamps, Guillot, Pouget, & Bertin. (2016). Monitoring the Topography of a Dynamic Tidal Inlet Using UAV Imagery. *Hal*, 19.
- Manejador de Imagenes . (s.f.).

- Marina de guerra del Perú. (2013). *Manual de Procesamiento para el Estudio de Mareas*. Lima: Hidronav.
- Martinez, J. (2013). *Evolución de la Línea de Costa a partir del equilibrio dinámico del perfil de playa*. España: Universidad de Cantabria.
- Mederos , L. (2009). *Las Mareas*.
- Mejia, M. (2012). *Cartografía Automatizada*. Ecuador: Universidad Católica del Ecuador.
- Ministerio de Defensa. (2015). *Especificaciones técnicas para posicionamiento Geodésico estático relativo con receptores del sistema satelital de navegación global*. Lima: Instituto Geográfico Nacional.
- Montes de Oca, M. (1996). *Topografía*. Alfa Omega.
- Motorola. (2019). *Talkabout Seie* . Obtenido de [https://www.motorolasolutions.com/es\\_xl/productos/consumer-two-way-radios/talkabout--t400.html#tabproductinfo](https://www.motorolasolutions.com/es_xl/productos/consumer-two-way-radios/talkabout--t400.html#tabproductinfo)
- Municipalidad de San Bartolo. (2013). *Estudio de caracterización de residuos sólidos del distrito de San Bartolo - Lima*. San Bartolo: Ministerio de Ambiente.
- Muñoz, A. (2007). *Geodesia y Cartografía*. Universitat Oberta de Catalunya.
- Ordoñez , C. (2005). Formato de imagen digital. *Revista digital Universitaria*, 10.
- Orellana, R. (2006). *Apuntes de Fotogrametría*.
- Otero, I., Ezquerria, A., Rodriguez, R., & Martin, L. (2000). *Fotogrametría*.

- Panasonic. (2019). *Camara Digital Lumix DMC - SZ 10*. Obtenido de Panasonic:  
<https://www.panasonic.com/es/consumer/camaras-y-videocamaras/camaras-compactas/dmc-sz10eg-k.html>
- Paolini, J. (2013). *Una propuesta metodológica para la modelación y prospección de la sostenibilidad de las cuencas hidrográficas en la Guayana Venezolana*. Barcelona: Universidad Politécnica de Catalunya .
- Pérez, M. (8 de Marzo de 2011). *Todo sobre el formato Raw: Ventajas e inconvenientes*. Obtenido de <https://www.blogdelfotografo.com/todo-sobre-el-formato-raw-ventajas-e-inconvenientes/>
- Portillo , G. (10 de Junio de 2018). *Mareas Vivas*. Obtenido de <https://www.meteorologiaenred.com/mareas-vivas.html>
- Quirós, E. (2014). *Introduccion a la Fotogrametria y cartografía aplicadas a la Ingeniería Civil*. España: Universidad de extremadura.
- Ramírez Erazo, R. (2010). *Proyecto de Investiagación*. Lima: Fondo Editorial AMADP.
- Riega-Virú, Y. (2010). *Investigación y Desarrollo de Tesis en Derecho*. Lima: Mad Corp.
- Sailantrip. (4 de Noviembre de 2016). *La Marea que es y como se forma, mareas vivas y mareas muertas, pleamar y bajamar*. Obtenido de <https://sailandtrip.com/la-marea/>
- Sani, C. (2015). *Vehículos aéreos no tripulados UAV para la elaboración de cartografía escalas grandes referidas al marco de referencia sirgas – Ecuador*. Sangolquí: Universidad de las Fuerzas Armadas.
- Santamaría , J., & Sanz, T. (2011). *Fundamentos de Fotogrametría*. Universidad de la Rioja

- Santos , R., Buendía , H., Calla, O., & Cruz, F. (2009). Sistema de Información Topográfico y Geodésico. *Revista de Instituto de Investigaciones FIGMMG*.
- Santos, L. (2005). *Ortofoto verdadera y LÍdar, el posible futuro de la cartografía catastral urbana*. Madrid.
- Tacca, H. (2015). *Comparación de Resultados obtenidos de un levantamiento topográfico utilizando la fotogrametría con Drones al Método Tradicional*. Puno: Universidad Nacional Del Altiplano .
- Universidad de Malaga. (16 de Mayo de 2019). *Teoria de errores*. Obtenido de [http://webpersonal.uma.es/~JMPEULA/teoria\\_de\\_errores.html](http://webpersonal.uma.es/~JMPEULA/teoria_de_errores.html)
- Vazquez, J., & Backhoff, M. (2017). *Procesamiento geo-informático de datos generados mediante drones para la gestión de infraestructura del transporte*. Mexico: Sanfandila.
- Vidri. (2019). *Cinta métrica larga de fibra de vidrio 50m*. Obtenido de <https://www.vidri.com.sv/producto/3894/Cinta-m%C3%A9trica-larga-de-fibra-de-vidrio-50m.html>
- Weather Spark. (2019). *El Clima promedio en San Bartolo*. Obtenido de <https://es.weatherspark.com/y/21282/Clima-promedio-en-San-Bartolo-Per%C3%BA-durante-todo-el-a%C3%B1o>
- Wihbey. (2016). *La revolución de los drones*. Licoln Institute. Zamarripa, M. (2010). *Apunte de topografía*. UNAM.

# IX. ANEXOS



PROYECTO METODOLÓGICA PARA EL LEVANTAMIENTO DE LÍNEA DE MÁS ALTA MAREA EMPLEANDO UN VEHÍCULO AEREO NO TRIPULADO EN LA PLAYA CURAYACU - SAN BARTOLO - LIMA -

Departamento de Lima - Provincia de Lima - Distrito de San Bartolo

UNIVERSIDAD NACIONAL FEDERICO VILLARREAL

FACULTAD DE INGENIERÍA GEOGRÁFICA, AMBIENTAL Y ECOTURISMO

**MAPA 1 - UBICACIÓN DE LA PLAYA CURAYACU**

Título: W. Anderson CORDOVA Ponte

Fecha: julio 2019



UBICACIÓN DEPARTAMENTAL



1 = 5,000,000

UBICACIÓN PROVINCIAL



1 = 1,500,000

PROPUESTA METODOLÓGICA PARA EL LLEVANTAMIENTO DE LINEA DE MAS ALTA MAREA EMPLEANDO UN VEHICULO AEREO NO TRIPLAZADO EN LA PLAYA CURAVACU - SAN ISIDORO - LIMA - Departamento de Lima - Provincia de Lima - Distrito de San Bartolo

**UNIVERSIDAD NACIONAL FEDERICO VILLARREAL**  
FACULTAD DE INGENIERIA GEOGRAFICA, AMBIENTAL Y FOTOTELEMETRIA

**MAPA 2 : LINEA DE MAS ALTA MAREA**

Título:	W. Anderson, COBDOVA Ponte	Fecha:	Julio, 2019
---------	----------------------------	--------	-------------





UBICACIÓN DEPARTAMENTAL



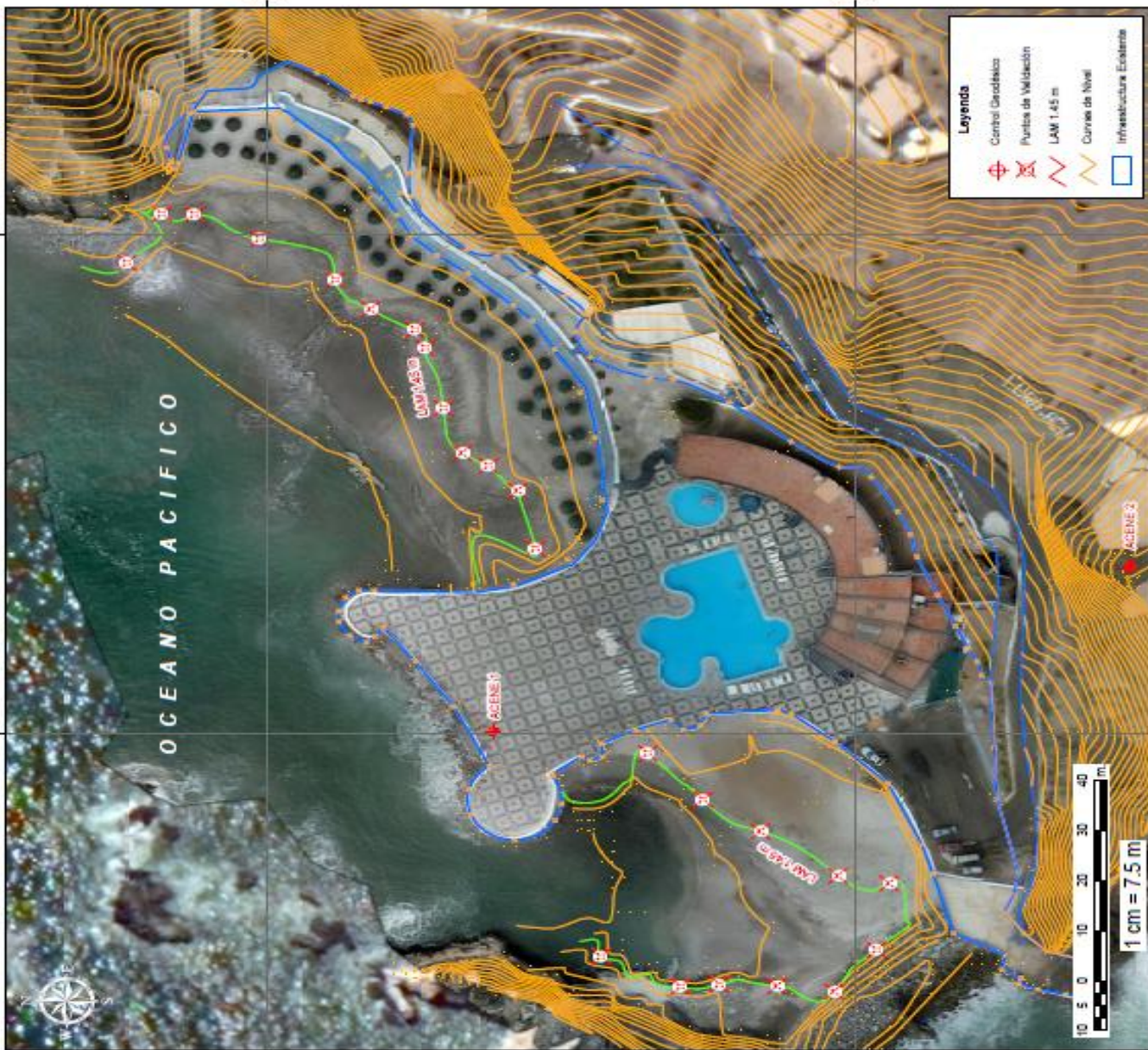
1 = 5,000,000

UBICACIÓN PROVINCIAL



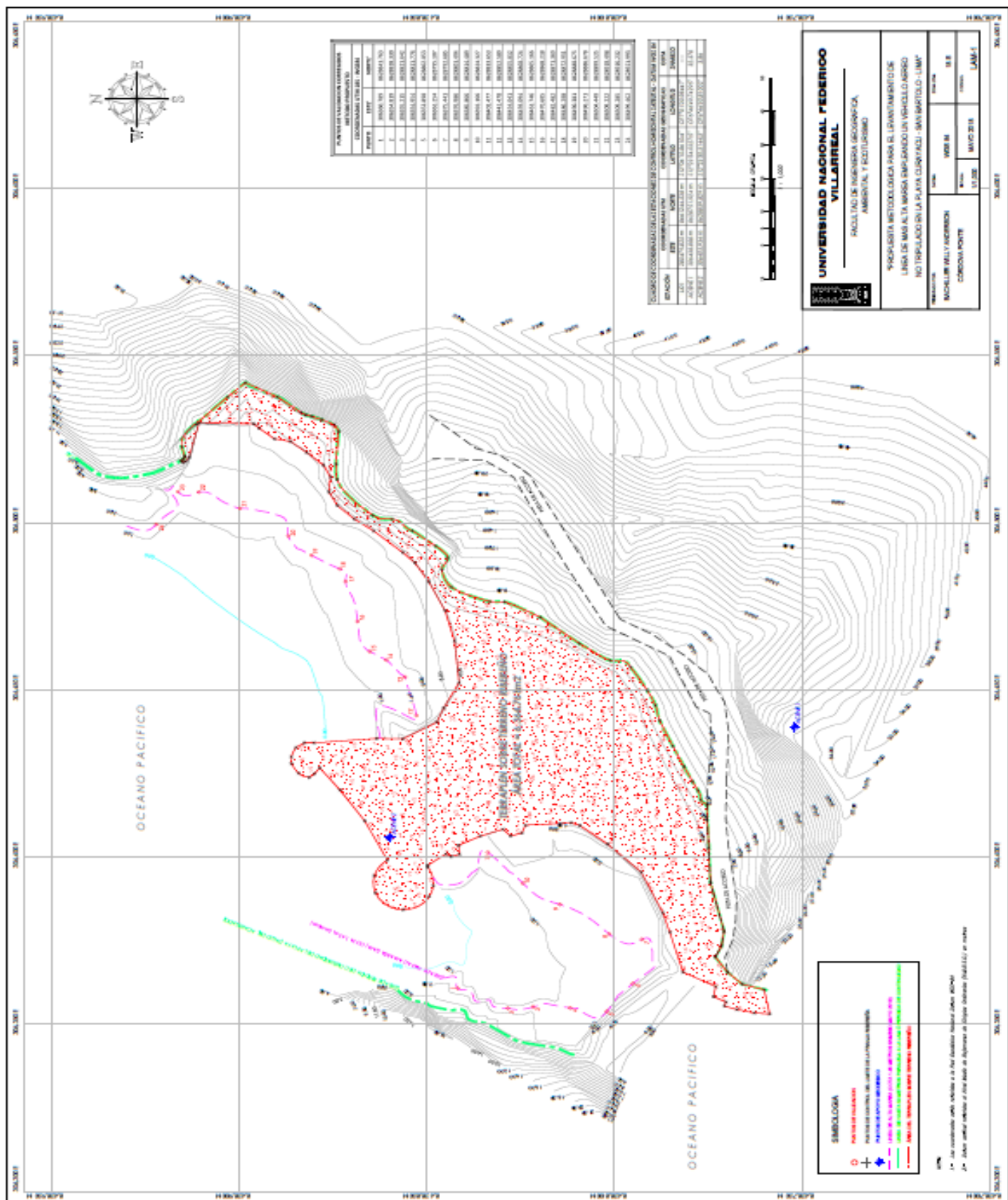
1 = 1,500,000

"PROPUESTA METEOROLÓGICA PARA EL LEVANTAMIENTO DE LÍNEA DE MÁS ALTA MAREA EMPLEANDO UN VEHÍCULO ADERIDO NOTROPULADO EN LA PLAYA CURIAHUACU - SAN BARTOLOMÉ - LIMA."	
Departamento de Lima - Provincia de Lima - Distrito de San Bartolomé	
UNIVERSIDAD NACIONAL FEDERICO VILLARREAL	
FACULTAD DE INGENIERÍA GEOGRÁFICA, AMBIENTAL Y ECOTURISMO	
MAPA 3 : PUNTOS DE VALIDACIÓN	
Tercera:	Fecha: julio 2019
W. Anderson CORDOVA Puente	




Leyenda	
	Control Geodésico
	Puntos de Validación
	LAM 1.45 m
	Curvas de Nivel
	Infraestructura Existente







## ESTACIONES GEODÉSICAS

<b>DESCRIPCIÓN DE UNA ESTACIÓN DE CONTROL HORIZONTAL</b>			
<b>Nombre:</b> ACENE 1	<b>Lugar:</b> PLAYA CURAYACU	<b>Distrito:</b> SAN BARTOLO	<b>Orden:</b> “C”
<b>Provincia:</b> LIMA	<b>Departamento:</b> LIMA	<b>Característica de la Marca:</b> MARCA	<b>Elevación:</b> 32.378 SNMBSO
<b>Latitud Sur:</b> S12°23'54.03275"	<b>Longitud Oeste:</b> O76°46'49.74295"	<b>Norte (Y):</b> 8628751.924	<b>Este (X):</b> 306438.888
<b>Datum Horizontal:</b> WGS 84		<b>Elipsoide:</b> WGS 84	<b>Zona UTM:</b> 18
<p><b>Descripción Detallada:</b></p> <p>La estación se encuentra ubicada en el sur del Perú, en la playa Curayacu, que pertenece políticamente al distrito de San Bartolo, provincia y departamento de Lima.</p> <p>Para llegar a la estación, se viaja por la carretera Panamericana Sur, hasta llegar a la localidad de San Bartolo, para posteriormente por una calle llegar a las instalaciones del club y posteriormente llegar a la playa Curayacu, distante a 1 hora de la ciudad de LIMA. La marca es un hito de concreto. Tiene inscripción “ACENE 1”. Dicha estación fue determinada el 12 de mayo del 2018, por el método de posicionamiento satelital.</p>			
			

## DESCRIPCIÓN DE UNA ESTACIÓN DE CONTROL HORIZONTAL

<b>Nombre:</b> ACENE 2	<b>Lugar:</b> PLAYA CURAYACU	<b>Distrito:</b> SAN BARTOLO	<b>Orden:</b> “C”
<b>Provincia:</b> LIMA	<b>Departamento:</b> LIMA	<b>Característica de la Marca:</b> MARCA	<b>Elevación:</b> 3.86 SNMBSO
<b>Latitud Sur:</b> S12°23'50.51445"	<b>Longitud Oeste:</b> O76°46'50.81002"	<b>Norte (Y):</b> 8628859.829	<b>Este (X):</b> 306405.934
<b>Datum Horizontal:</b> WGS 84		<b>Elipsoide:</b> WGS 84	<b>Zona UTM:</b> 18

### Descripción Detallada:

La estación se encuentra ubicada en el sur del Perú, en la playa Curayacu, que pertenece políticamente al distrito de San Bartolo, provincia y departamento de Lima.

Para llegar a la estación, se viaja por la carretera Panamericana Sur, hasta llegar a la localidad de San Bartolo, para posteriormente por una calle llegar a las instalaciones del club y posteriormente llegar a la playa Curayacu, distante a 1 hora de la ciudad de LIMA. La marca es un hito de concreto. Tiene inscripción “ACENE 2”. Dicha estación fue determinada el 12 de mayo del 2018, por el método de posicionamiento satelital.



## FOTOGRAFIAS



Vista panorámica de la playa, efectuada el 12 de mayo del 2018.





Vista realizando control horizontal estación “ACENE 1”, efectuada el 12 de mayo del 2018



Vista realizando control horizontal estación “ACENE 2”, efectuada el 12 de mayo del 2018



Vista realizando trabajos topográficos, efectuada el 12 de abril del 2018



Vista realizando trabajos topográficos, efectuada el 12 de mayo del 2018





Vista realizando determinación LAM, efectuada el 12 de mayo del 2018



Vista geomorfológica, efectuada el 12 de mayo del 2018







Vista geomorfológica, efectuada el 12 de mayo del 2018.

# CERTIFICADOS DE CALIBRACIÓN DE EQUIPOS



## SERVIG XCVI S.A.C.

COMPRA, ALQUILER Y VENTA ALQUILER DE EQUIPO INGENIERIA  
ALQUILER DE EQUIPO VIA TRANSPORTE VIA TERRESTRE  
SERVICIOS Y REPARACIONES DE INSTRUMENTOS GEODESICOS DE TODAS LAS MARCAS  
SERVICIOS DE POSICIONAMIENTO SATELITAL

### CERTIFICADO DE CALIBRACION N° 5822-A/18

OTORGADO A:

GALARZA JIMENEZ LUCIANO

EQUIPO	MARCA	MODELO	SERIE
ESTACION TOTAL	LEICA	TCR403POWER	N° 850387

VALOR DE PATRON DE MEDICION		
GRADOS	MINUTOS	SEGUNDOS
360	00	05

VALOR LEIDO EN EL INSTRUMENTO			
	GRADOS	MINUTOS	SEGUNDOS
VERT.	360	0	0
HORIZ.	360	0	0

VALOR A CORREGIR			
	GRADOS	MINUTOS	SEGUNDOS
VERT.	00	00	00
HORIZ.	00	00	00

RANGO DE TOLERANCIA			
	GRADOS	MINUTOS	SEGUNDOS
+	360	0	5
-	359	59	55

**SISTEMA DE MEDICION DE DISTANCIA**

PATRON DE MEDICION	15.000mts	30.000mts	60.000mts	90.000mts	209.000mts
VALOR LEIDO EN EL INSTRUMENTO	15.000	30.000	60.000	90.000	209.000
ERROR A CORREGIR	00mm	00mm	00mm	00mm	00mm

**PRECISION DEL INSTRUMENTO**

- Sistema Angular según normas DIN 18723.
- Sistema de Medición de Distancia.
- Precisión de 5".

**PATRON UTILIZADO**

Colimador Modelo ITC-509, indicado por el fabricante TOPCON en su manual de mantenimiento y reparación. Se hace una línea al horizonte enfocado al infinito con un grosor de 1.5" del trazo del retículo, este colimador es patronado periódicamente con un teodolito Kern Modelo DKM-2A desviación estándar 1" y estima al décimo del segundo con lectura directa 90° 00' 00" e invertido 270° 00' 00".

SERVIG XCVI SAC, mediante su Área de Servicio Técnico el cual cuenta con su respectivo laboratorio, en donde se certifica que los equipos en mención se encuentran en totalmente revisados, controlados, calibrados y 100% operativos; se sugiere efectuar una calibración en un periodo máximo de 6 meses.

Fecha de Calibración: 10 de Marzo del 2018.

Fecha de Re calibración: 11 de Setiembre del 2018.

Se expide el presente certificado a solicitud de la parte interesada, para los fines que estime conveniente.

San Martín de Porres, 10 de Marzo de 2018

Atte.   
SERVIG XCVI S. A.  
**JOSE R. ZAMORA GONZALES**  
Director de Operación  
**JOSE ZAMORA GONZALES**

Calle Ricardo Vega García N°3270 – Urb. EL Establo – San Martín de Porres  
Telf: 568 – 1153 Cel. : 999000102 RPM.: 987501775 –Lima Perú  
servig\_xcvi@hotmail.com, gerencia@servigxcvi.com,

Equipos para Topografía, GPS y Laser,  
Control de Maquinaria para  
Construcción y Minería



## CERTIFICADO DE FUNCIONAMIENTO Y OPERATIVIDAD

N° 10343T/17

OTORGADO A:

**GEOMAP SERVICE KUELAP S.R.L. GEOSERK SRL**

Equipos	Marca	Modelo	Serie
RECEPTOR GPS	TOPCON	HIPER II	754-10181

CUADRO DE PRECISIONES INDICADAS POR EL FABRICANTE: (1 sigma)

Equipos	POST PROCESO		RTK	
	* Horizontal	* Vertical	* Horizontal	* Vertical
RECEPTOR GNSS L1/L2,CA, RTK	3mm+0.5ppm	5mm+0.5ppm	10mm+1 ppm	15mm+1 ppm

\* Por línea base

GEOMATIC INSTRUMENTS CORPORATION SAC "GEINCOR SAC" en su calidad de Único Distribuidor Autorizado de la Marca TOPCON, mediante su Laboratorio de Servicio Técnico certificado y autorizado por su proveedor Topcon Positioning Systems, certifica que habiendo efectuado las pruebas y regulaciones a los instrumentos anteriormente mencionados se encuentran dentro de las especificaciones técnicas de fábrica en lo referente a la precisión obtenida en postproceso y tiempo real.

### PATRON UTILIZADO:

Estacion de Rastro Permanente GNSS NET-G3A L1/L2, RTK con Antena Geodesica Choke Ring CR-G5, Software Pinnacle Post Proceso, patronados por el Fabricante Topcon.

### NOTA:

Los Receptores GNSS antes mencionados son de fabricación Año 2011 y cuentan con las últimas tecnologías aplicadas a los Sistemas GNSS, los cuales son reconocidos en el Perú por su alta precisión y eficiencia en los trabajos efectuados.

Se expide el presente certificado a solicitud de la parte interesada, para los fines que estime conveniente.

Se sugiere efectuar una revisión en el periodo máximo de 12 meses antes del 22 de Agosto del 2018.

Santiago de Surco, 22 de Agosto del 2017.

RISTHIAN MENESES P.  
GERENTE SERV. TECNICO



Nota: Tener en cuenta que los accesorios (Bases nivelantes y Bastones) son muy importantes para mantener la precisión del Receptor GNSS. Revisar periódicamente dichos accesorios ya que esto puede ocasionar imprecisiones en su resultado.

SOKKIA FARO Geomagic 3D SYSTEMS Artrec 3D TOPCON



Av. Paseo De La Castellana Nro. 567 - Surco  
(01) 448-1889 / (01) 448-1891 / (01) 273-8230  
RPM # 995 504 199 / RPM # 946 206 342



ventas@geincor.com / geincor@geincor.com

www.geincor.com

Síguenos en: