

ATLAS: Estimación provisional de  
Edificaciones destruidas, sismo 16-04-2016



# MUISNE

Información para Verificación en Campo



Versión 1.1



Ministerio  
de **Defensa**  
Nacional



Comando Conjunto  
de las **Fuerzas**  
Armadas



Ejército  
Ecuatoriano



Instituto  
Geográfico  
Militar



Secretaría Nacional  
de **Planificación**  
y **Desarrollo**



Ministerio  
de **Desarrollo**  
Urbano y **Vivienda**



instituto nacional de estadística y censos

Crnl. de E.M.C. Ing. William Aragón  
*Director del IGM*

Crnl. de E.M. Ing. Ricardo Urbina  
*Subdirector del IGM*

Tcrn. I.GEO. Ing. Rafael Delgado  
*Jefe de la Gestión Geoinformación*

Tcrn. I.GEO. Ing. Byron Puga  
*Jefe de la Gestión Planificación*

Tcrn. I.GEO. Ing. Carlos Estrella  
*Jefe de Investigación y Desarrollo*

Tcrn. I.GEO. Ing. Xavier Molina  
*Jefe del Proceso Captura de Datos Geoespaciales*

Capt. de E. Ing. Juan Gómez  
*Jefe del Proceso Cartográfico*

Capt. de E. Ing. Luis Montes  
*Jefe del Proceso Geodesia*

ATLAS: ESTIMACIÓN PROVISIONAL DE EDIFICACIONES DESTRUIDAS, SISMO 16-04-2016  
© 2016, Instituto Geográfico Militar

**Autores:**

Ing. Álvaro Dávila, MSc.  
Geog. Rosa Cuesta, Mgtr.  
Ing. Martha Villagómez, MSc.

**Coordinadora Técnica:**

Ing. Paulina Guerron, MSc.

**Fotoidentificación:**

Ing. Eduardo Jimenez  
Ing. Fernando Pavón  
Personal Técnico Proceso CAD-SIG  
Personal Técnico Proceso Restitución

**Fotografía Aérea:**

Ing. Lisbeth Jimenez  
Personal Técnico Proceso Fotografía Aérea

**Diseño:**

Egr. Xavier Vivas

Primera Edición  
Ecuador, 2016

“Ley de la Cartografía Nacional Art. 2.- El Instituto Geográfico Militar realizará toda actividad cartográfica referente a la elaboración de mapas y levantamiento de cartas oficiales del territorio nacional.”



## *Presentación*

Dentro de un contexto general, el Ecuador se inserta como parte de los países donde los desastres constituyen un problema latente y los impactos son cada vez mayores debido a factores ligados al crecimiento poblacional, la urbanización acelerada, la localización de asentamientos humanos en zonas de riesgo, frente a una amplia diversidad de peligros naturales como los sismos que, de acuerdo a la magnitud de la energía liberada, generan terremotos, como es el caso del sucedido el 16 de abril que ha tenido efectos devastadores principalmente en ciertos poblados de la Costa centro-norte ecuatoriana, produciendo también repercusiones a nivel nacional.

Frente a estas situaciones, se hace necesario que, dentro del marco de las acciones en apoyo a la Seguridad y Defensa que con profunda vocación de servicio realizan nuestras Fuerzas Armadas, ejecuten las acciones logísticas, técnicas y humanas a fin de coadyuvar en la resolución de estos significativos problemas.

Enmarcado dentro de esta situación, es necesario recalcar una vez más, que en cumplimiento de su misión, todos los insumos producidos en el ámbito de competencia del IGM, son de utilidad para los Comandos Operacionales, en su proceso de planificación táctica, operacional y estratégica, en beneficio de la Seguridad del Estado, en términos de salvaguardar la vida de la población y coadyuvar en las acciones para el restablecimiento del buen vivir como es el caso que ahora nos ocupa y que evidencian el apoyo del IGM a sus Fuerzas Armadas.



ING. WILLIAM ROBERTO ARAGÓN CEVALLOS  
CRNL. DE E.M.C.  
DIRECTOR DEL IGM



## ANTECEDENTES Y PROBLEMÁTICA

El movimiento de las placas es una teoría revolucionaria ampliamente difundida, y conocida como tectónica de placas. Considera que la litósfera está dividida en grandes segmentos, relativamente estables, denominados placas como caparazones curvos sobre la esfera terrestre.

Esta teoría sostiene que las placas litosféricas de la Tierra se desplazan entre sí con un movimiento relativo de hundimiento, colisión o deslizamiento, produciendo así una intensa actividad geológica que ocurre en los límites de las placas. Todas las placas se constituyen por la corteza oceánica o continental y el manto superior.

La fusión parcial de las rocas de esta zona permite que la astenósfera actúe como un lubricante para que la litósfera se desplace con facilidad. El movimiento es un proceso geodinámico localizado en el manto, por debajo de la litósfera como resultado del calor interno de la Tierra, que se denomina convección. El movimiento convectivo se produce en una forma circular en las denominadas celdas de convección. Cuando un material fluido líquido o sólido es calentado, este se eleva y asciende en el lugar donde las placas se separan (figura 1).

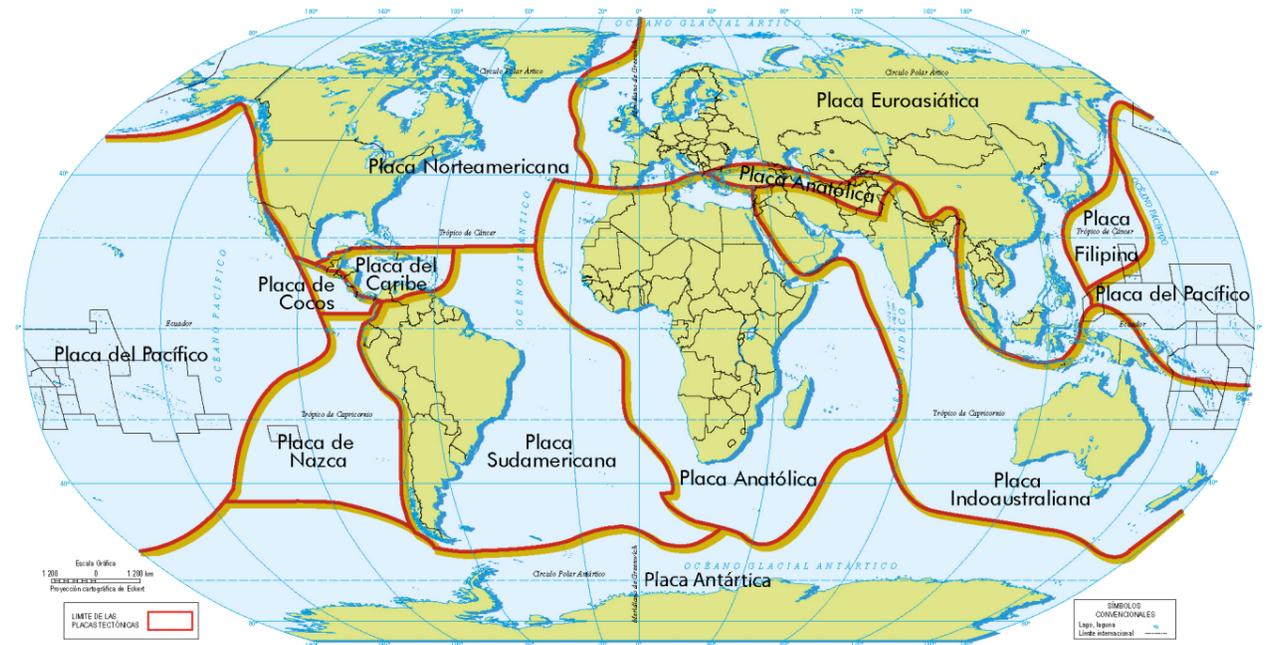


Figura 2. Placas Tectónicas  
Fuente: Atlas, IGM, 2016

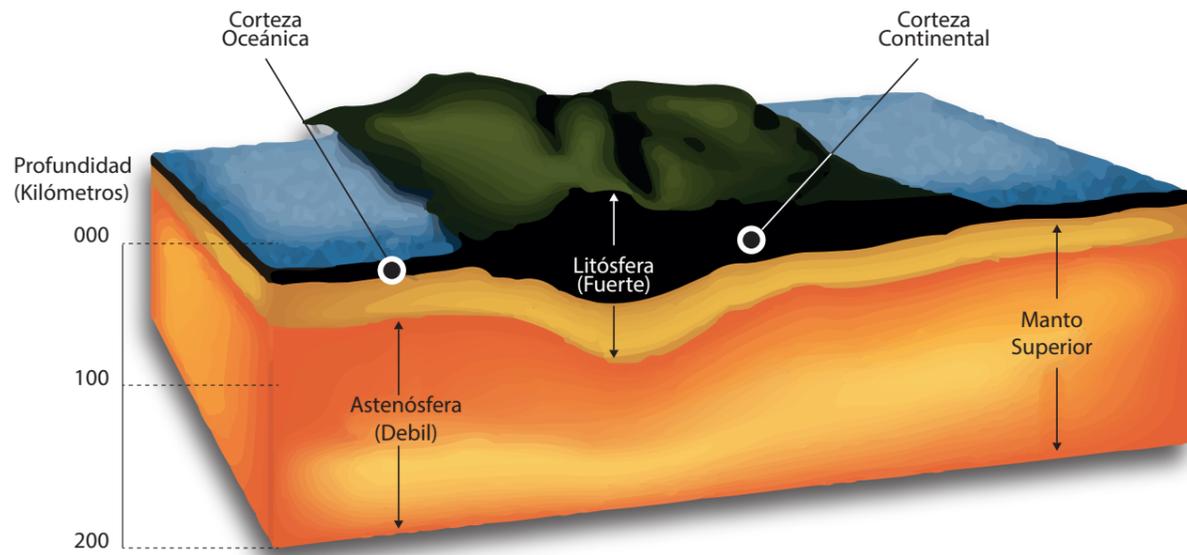


Figura 1. Corte transversal entre la Astenósfera y la Litósfera.  
Fuente: Volcanes Activos, Dr. Theófilos Toulkeridis

Según esta teoría, la corteza terrestre está compuesta por placas rígidas de diferente densidad, que se mueven y presionan con distintas direcciones, como se indica en la figura 2. El Ecuador se encuentra sobre la Placa Sudamericana que tiene influencia directa mediante un límite de tipo convergente y de subducción con la Placa de Nazca que tiene un movimiento relativo de Oeste a Este, como se indica en la figura 3.

Como se observa en el gráfico, el Ecuador se encuentra sobre la Placa Sudamericana que tiene influencia directa, mediante un límite de tipo convergente y de subducción con la Placa de Nazca que tiene un movimiento relativo de Oeste a Este como se indica en la figura 3.

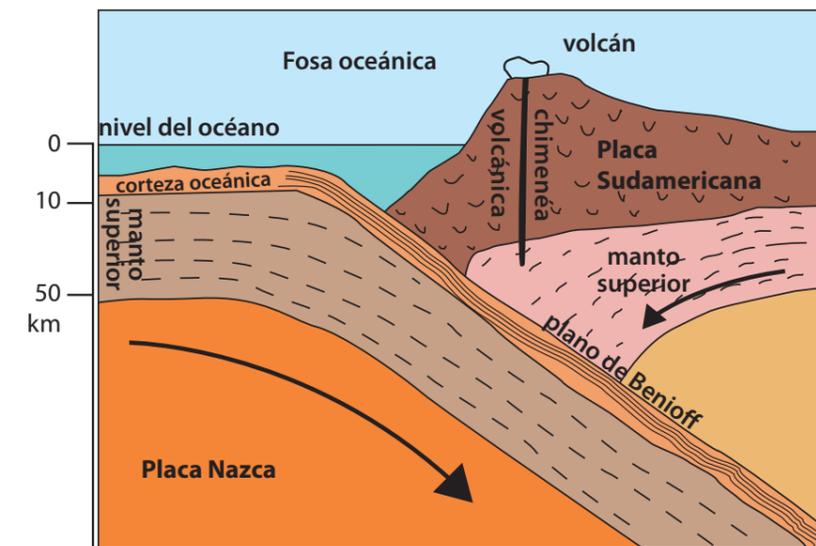


Figura 3. Subducción de la Placa de Nazca sobre la Sudamericana  
Fuente: [http://www.predes.org.pe/userfiles/images/fenomenos/placas\\_t.gif](http://www.predes.org.pe/userfiles/images/fenomenos/placas_t.gif)

Históricamente, en el país se han producido una cantidad muy representativa de sismos, de diferente magnitud, cuyos focos de emisión se ubicaron en la Costa (ver mapa de la figura 4).

En los últimos años se pueden mencionar, entre los más significativos a los sismos ocurridos en Ambato (1949), Loja (1970), Esmeraldas y Latacunga (1976), Reventador (1987), Pujilí (1996) y Bahía de Caráquez (Manabí), en 1998.

## DISTRIBUCIÓN HISTÓRICA DE LOS SISMOS (1541 - 2005) Y ALTURA DE LAS OLAS EN EL LITORAL

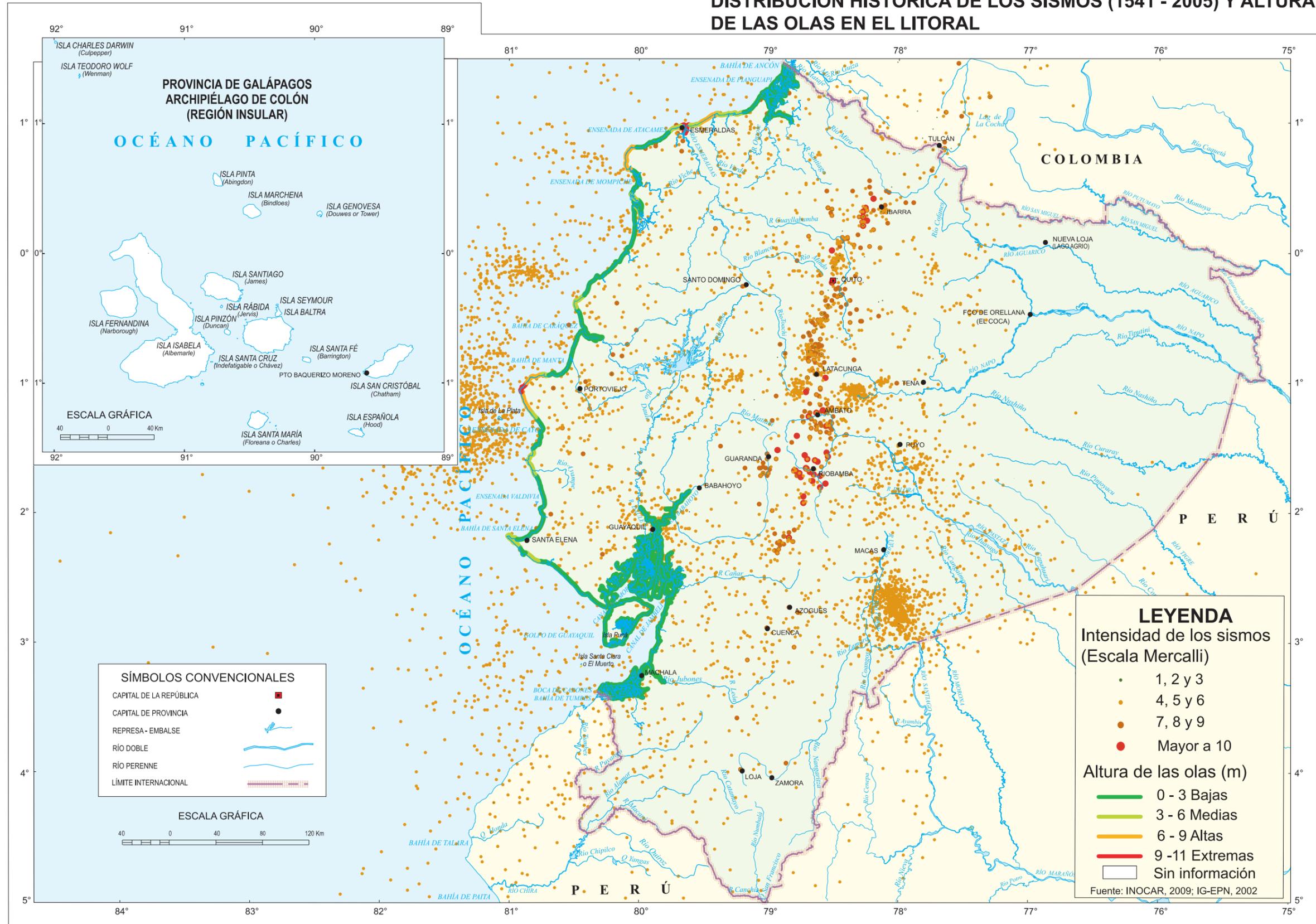


Figura 4. Mapa de sismos Históricos en el Ecuador  
Fuente. Atlas del Ecuador IGM-2013

Actualmente la intromisión de unos centímetros de la Placa de Nazca por debajo de la Sudamericana, con el consiguiente rompimiento de las formaciones rocosas es la que ha producido la energía que ha sido liberada mediante un sismo catalogado, en la escala de Richter, como de “magnitud 7,8”. Este evento sucedido el sábado 16 de abril del 2016 a las 19:58 horas de Ecuador, causó efectos correspondientes a un “terremoto mayor y graves daños”. Para tener una idea de las definiciones de la escala de Richter, a continuación se detalla, en un cuadro, las relaciones entre magnitud y sus efectos.

Cuadro de Relación	
MAGNITUD	EFFECTOS
Menos de 3,5	Generalmente no se siente, pero es registrado
3,5 - 5,4	A menudo se siente, pero solo causa daños menores
5,5 - 6,0	Ocasiona daños ligeros a edificios
6,1 - 6,9	Puede ocasionar daños severos en áreas donde vive mucha gente
7,0 - 7,9	Terremoto mayor. Causa graves daños
8,0 y mayor	Gran terremoto. Destrucción total a comunidades cercanas

Fuente: <http://www2.ssn.unam.mx:8080/website/jsp/Richter/richter.jsp>

Según información del Instituto Geofísico de la Escuela Politécnica Nacional (IG-EPN), el sismo, el de mayor magnitud en las últimas tres décadas en Ecuador, tuvo su epicentro frente a Pedernales (provincia de Manabí), a unos 170 kilómetros de la capital, Quito y se sintió en todo el país.

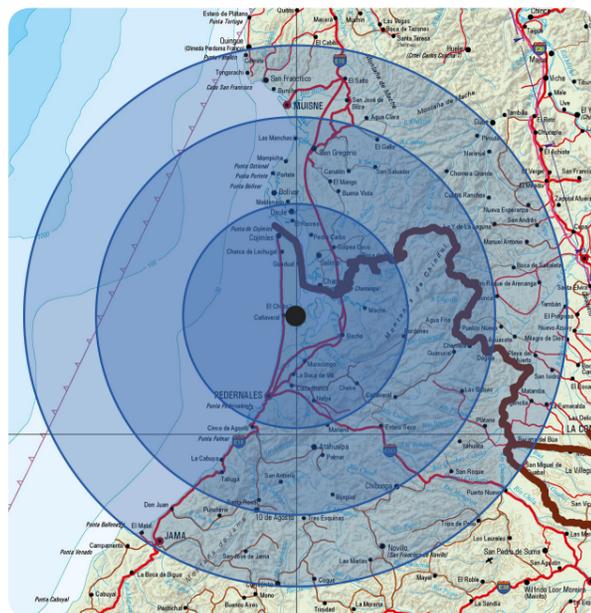


Figura 5. Hipocentro Pedernales (Prov. Manabí)

El hipocentro se produjo en el océano Pacífico a una profundidad de 20 kilómetros. Más de 200 réplicas, algunas de una magnitud de hasta 6,1 grados, se han producido desde entonces y se cree que se podrían seguir sintiendo en los próximos tres días (ver figura 5).

Se trata de uno de los terremotos más dañinos que ha sufrido América Latina en la última década, después del que en 2007 golpeó a Perú (casi 600 muertos) y en 2010 a Chile (más de 150 fallecidos), sin contar la catástrofe de Haití de ese mismo año, que ocasionó más de 300.000 muertos.

Sus repercusiones han tenido sus efectos más destructores en el área centro-norte de la Costa ecuatoriana, principalmente en los centros urbanos de Pedernales, Muisne, Chone, Canoa, Bahía de Caráquez, Manta y Portoviejo. Hasta el día 23 de abril, se habla de 602 personas fallecidas y de varios daños materiales.

A este efecto y en términos de evaluar la situación para planificar la remediación principalmente de los bienes

inmuebles, se requiere disponer de información que permita tener un inventario de las edificaciones que han sido dañadas como se indica en las fotos.

Es necesario precisar que esta investigación genera información a partir de la identificación de objetos sobre fotografías aéreas que, a nivel de fotoidentificación, únicamente permite observar claramente dos tipos de detalle:

- Vistas superiores de las edificaciones; y,
- Cúmulo de materiales, testigos de las edificaciones, después del sismo.

Las vistas laterales no son fotoidentificables, ni tampoco permiten extraer información del estado de las edificaciones por lo que estos datos deben obtenerse necesariamente y de manera in situ, en trabajos de campo.



Edificaciones Destruidas  
Fuente: Ejército Ecuatoriano / El Comercio -2016

## Objetivo

Con los criterios expuestos, el objetivo del presente estudio es:

Realizar una zonificación del área urbana de Muisne a fin de determinar gráficamente el número de edificaciones que han sido destruidas por efectos del sismo.

## Materiales y metodología

Se consideraron cuatro fuentes de información que aportaron directamente al trabajo:

- Mosaico de ortofotos a escala 1:5.000 de los años 2011-2015.
- Mosaico fotográfico georeferenciado a escala 1: 5.000. con fecha de toma 18 de abril 2016.
- Información vectorial, del área urbana de Muisne, a nivel de edificaciones, realizada por el IGM, mediante digitalización sobre las ortofotos antes indicadas.
- Información del INEC del pre-censo 2010 con la población de las edificaciones de Muisne. De esta información se realizó una clasificación tomando únicamente la correspondiente a las edificaciones destruidas.

La metodología, básicamente consta del proceso que se indica en el gráfico 6.

1. Identificación visual de construcciones en el mosaico de ortofotos del año 2011-2015.
2. Identificación visual de construcciones “destruidas” en el mosaico georeferenciado del 18 de abril 2016.
3. Comparación entre los dos mosaicos anteriormente indicados.
4. Identificación mediante un punto de los predios destruidos en la fotografía 2016.
5. Catalogación de construcciones: Destruida y no destruida y digitalización de los polígonos.
6. Captura de esta información, como fuente preliminar, para la generación de los mapas respectivos.

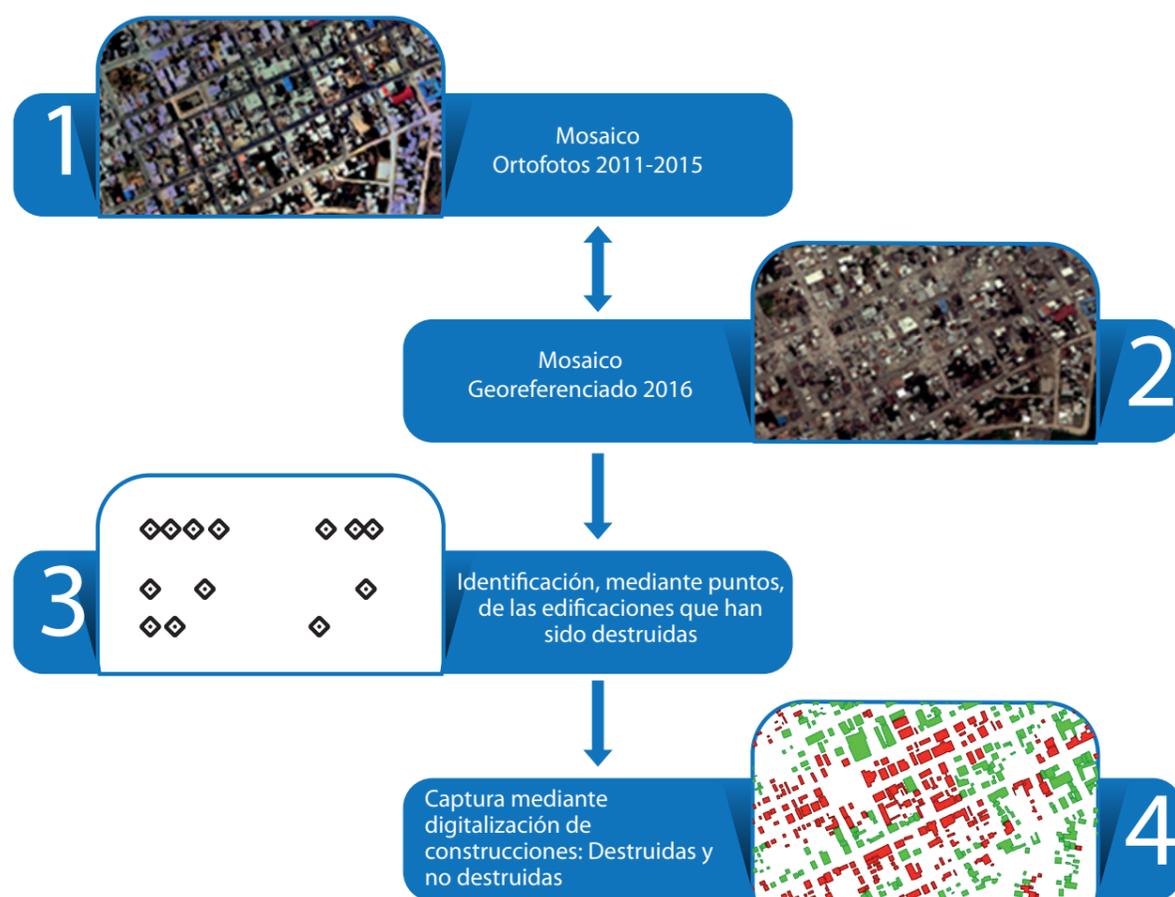


Figura 6. Metodología

Se realizó una evaluación visual de las edificaciones que estarían destruidas, con el uso de fotografía del área consolidada de Pedernales, tanto del 2011-2015 como del 2016.

El criterio que guió este trabajo para determinar si una construcción fue destruida, estuvo en función de la forma y estado de la cubierta de cada edificación, visualizada en la fotografía posterior al evento, comparando con la del año 2011-2015, como se indica en la figura 7., en la que se ha tomado, para mostrar en el ejemplo, una de las manzanas más críticas situada en el centro de la ciudad (encerrada en círculo color rojo).

En la imagen de la izquierda (2011-2015) se observan claramente edificaciones que en la imagen de la derecha (2016), en la misma manzana ya no se encuentran en pie, concluyendo que el sismo fue el causante de la destrucción de dichas construcciones.

Asimismo, en las manzanas aledañas (fuera del círculo rojo), se puede constatar que se han mantenido las edificaciones, no observándose visualmente ningún daño, aunque es necesario recalcar que este es uno de los limitantes del alcance del presente estudio, pues solamente los trabajos directos en campo aportarán información del estado de estas construcciones



Figura 7. Comparación edificaciones existentes y destruidas (antes y después del sismo)  
Fuente: Fotografía aérea 2011-2015 y 2016, IGM

## Resultados

Con la información obtenida, de acuerdo a lo indicado según la metodología propuesta, se generaron tres mapas, de acuerdo al siguiente detalle:

1. Generación del mapa: “Estimación preliminar del número de edificaciones destruidas en el área consolidada de Muisne.
2. Generación del mapa: “Porcentaje de construcciones destruidas con respecto al total de edificaciones”.
3. Población que potencialmente pudo haber sido afectada por el terremoto

A partir de la información indicada, se ha generado un mapa de la ciudad con las edificaciones que han sido destruidas (color rojo) y las no destruidas (color verde).

Para su visualización, a nivel manzanero se elaboró un mapa coroplético en el que se muestran zonas (por manzana) de las áreas más afectadas, en términos de edificaciones destruidas, que fue generado dividiendo las construcciones destruidas por manzana, para el total de edificaciones de la ciudad.

Para tener un criterio provisional del número de personas afectadas, se realizó un mapa que contiene información del número de personas que habitaban en las construcciones destruidas.

Estadísticamente, relacionando valores del número de construcciones destruidas, se tiene la información que se indica en el cuadro 2.

<b>Estadísticas de Edificaciones</b>		
<b>Estado</b>	<b>Número</b>	<b>Porcentaje</b>
Edificaciones totales	1.957	100 %
Edificaciones destruidas	218	<b>11,1 %</b>
Edificaciones no destruidas	1.739	88,9 %
Manzanas totales	122	100 %
Manzanas con Edificaciones destruidas	72	<b>59,0 %</b>
Manzanas sin edificaciones destruidas	50	41 %
Población total del Área consolidada	13.526	100 %
Población potencialmente afectada	1.190	<b>8,8 %</b>
Área total del área consolidado	280,90 ha	100 %

Cuadro 2. Estadísticas: edificaciones destruidas

Consecuentemente, el número de edificaciones destruidas en Muisne es 218 y el porcentaje, respecto al total de edificaciones, de 11,1%; y, el 59% manzanas con edificaciones destruidas.

Además la población potencialmente afectada corresponde a 1.190 personas que representan el 8,8% de la población total del área consolidada que corresponde a 13.526 personas.

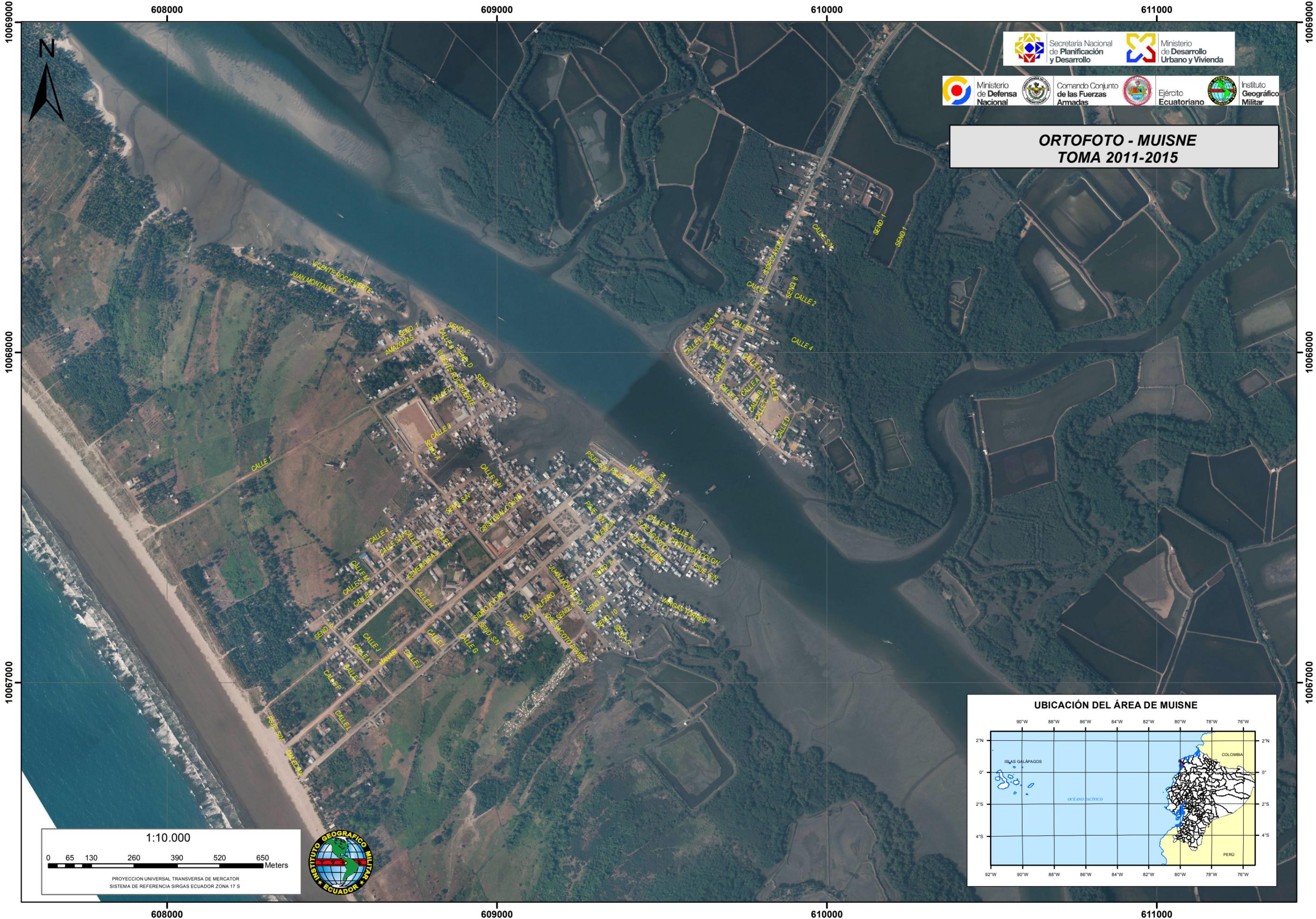
### **Bibliografía:**

Thoulkeridis, T. Volcanes Activos Ecuador, ESPE – IPGH, Sangolquí, Ecuador, 2013. 148 p.

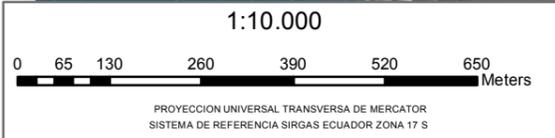
IGM, Atlas para la enseñanza del entorno natural y social, Quito, Ecuador, 2016, 180 p.

INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA Y CENSOS – INEC; “Geodatabase Nacional Ajustada con Información de Población y Vivienda del Pre Censo CPV2010”; Tercera Versión – Diciembre del 2014; Formato .shp; Quito, Ecuador.

INSTITUTO GEOFÍSICO DE LA ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL (IG-EPN), Quito, Ecuador, 2016.



**ORTOFOTO - MUISNE  
TOMA 2011-2015**



608000

609000

610000

611000

**MOSAICO FOTOGRÁFICO GEOREFERENCIADO - MUISNE**  
**TOMADO EL 18 DE ABRIL DE 2016**



10069000

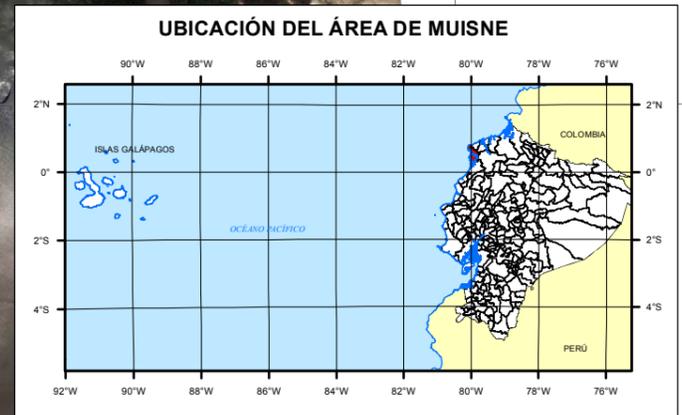
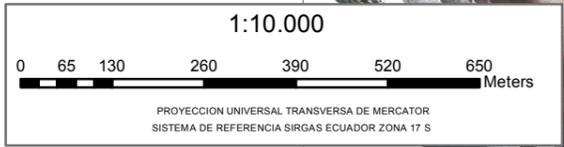
10069000

10068000

10068000

10067000

10067000



608000

609000

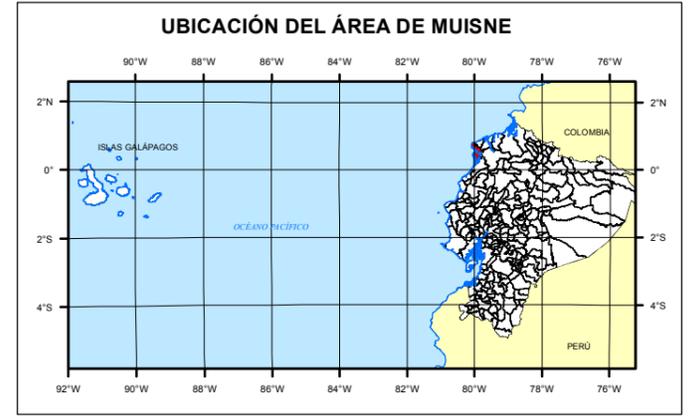
610000

611000



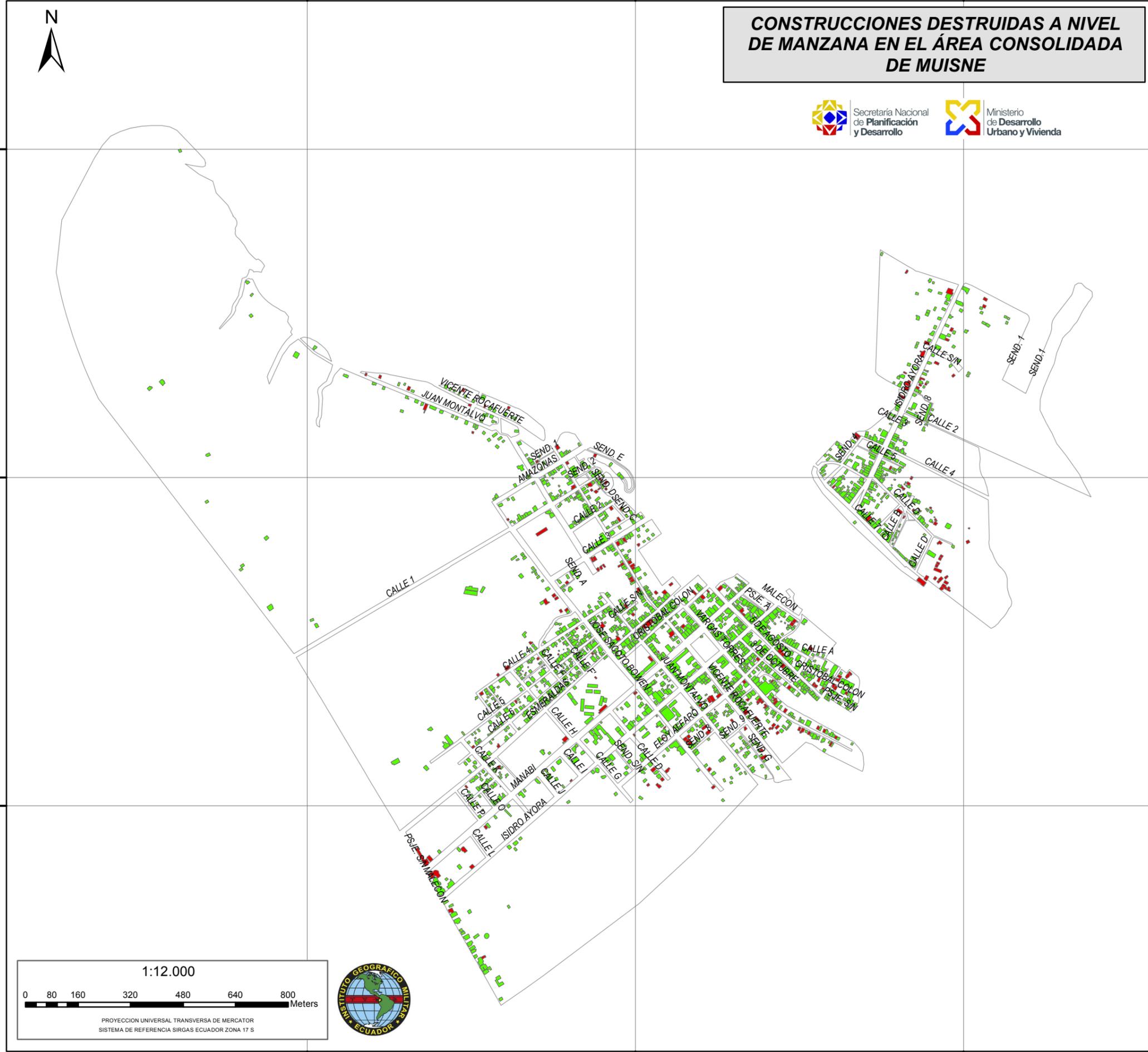
608000 609000 610000

# CONSTRUCCIONES DESTRUIDAS A NIVEL DE MANZANA EN EL ÁREA CONSOLIDADA DE MUISNE



10069000  
10068000  
10067000

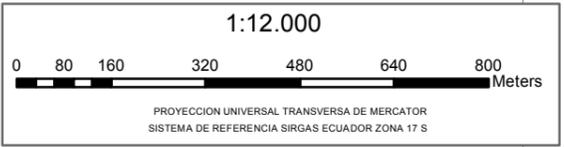
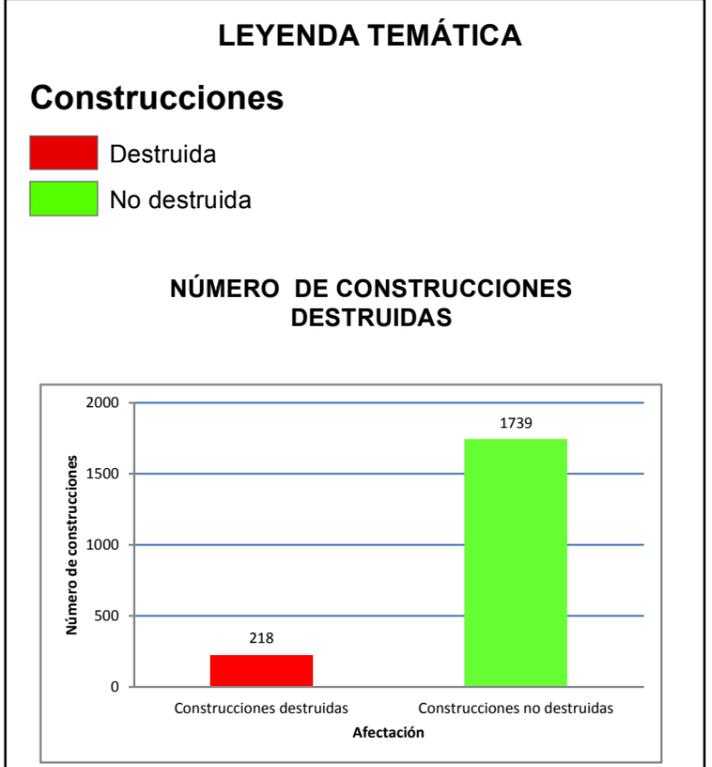
10069000  
10068000  
10067000



**INSUMOS**  
 - Ortofoto, IGM 2011 - 2015  
 - Mosaico fotográfico georeferenciado, IGM 18 de abril de 2016  
 - Área amanzanada, INEC 2014  
 - Digitalización en pantalla de las construcciones sobre ortofoto 2011 - 2015 y comparación entre ortofoto 2011 - 2015 y fotografía georeferenciada del 18 de abril del 2016

**DATOS ANALIZADOS**  
 - 1 957 construcciones  
 - 122 manzanas

**METODOLOGÍA**  
 Fotoidentificación de construcciones destruidas

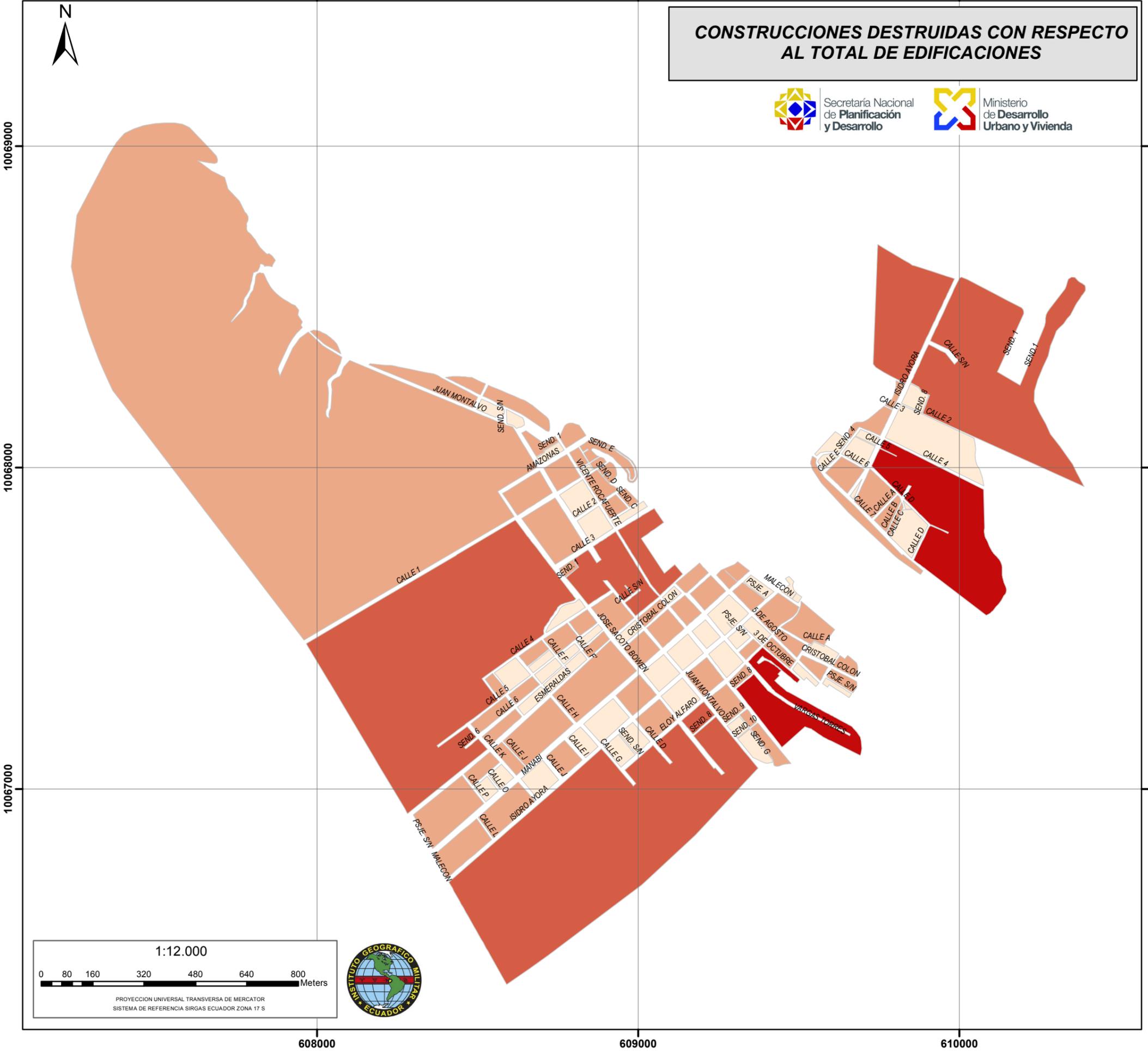
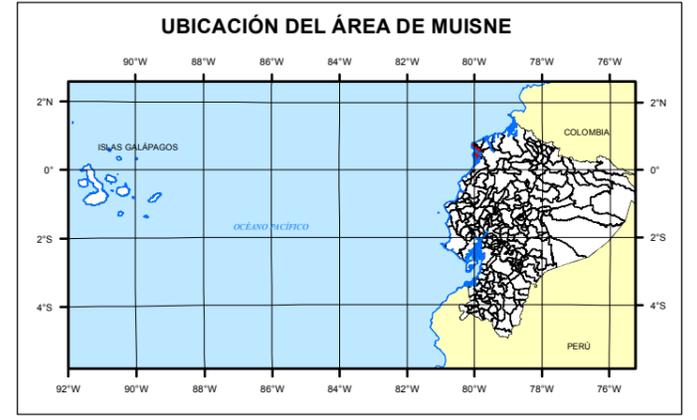


608000 609000 610000

Total de Manzanas	Manzanas con alguna construcción destruida	Porcentaje
122	72	59%
Total construcciones	Construcciones destruidas	Porcentaje
1957	218	11%

608000 609000 610000

# CONSTRUCCIONES DESTRUIDAS CON RESPECTO AL TOTAL DE EDIFICACIONES



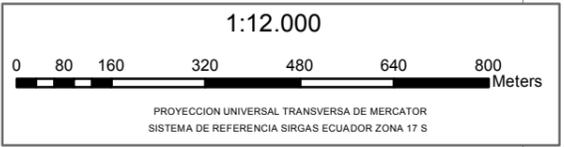
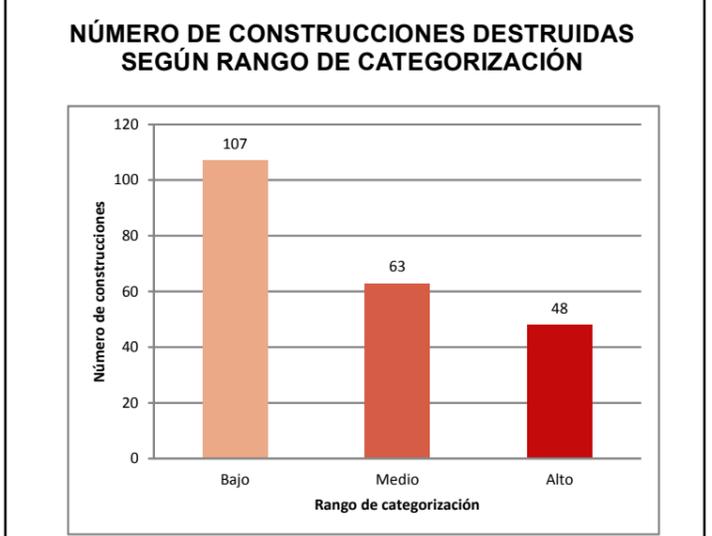
**INSUMOS**

- Ortofoto, IGM 2011 - 2015
- Mosaico fotográfico georeferenciado, IGM 18 de abril de 2016
- Área amanzanada, INEC 2014
- Digitalización en pantalla de las construcciones sobre ortofoto 2011 - 2015 y comparación entre ortofoto 2011 - 2015 y fotografía georeferenciada del 18 de abril del 2016

**DATOS ANALIZADOS**

- 1 957 construcciones
- 122 manzanas

**METODOLOGÍA**  
Fotoidentificación de construcciones destruidas



608000 609000 610000

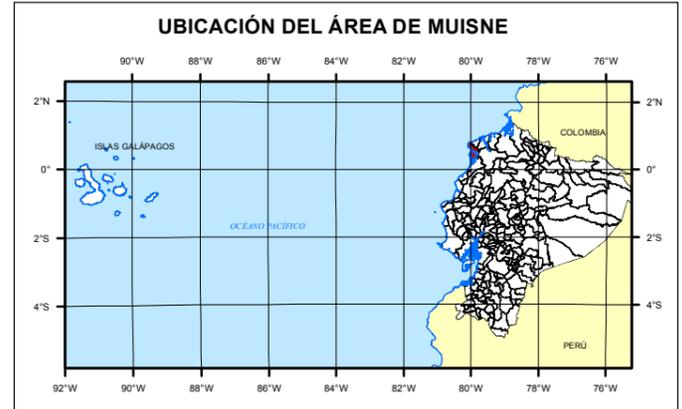
Total de Manzanas	Manzanas con alguna construcción destruida	Porcentaje
122	72	59%
Total construcciones	Construcciones destruidas	Porcentaje
1957	218	11%

608000

609000

610000

**PORCENTAJE DE POBLACIÓN CON PROBABILIDAD DE AFECTACIÓN CON RESPECTO A LA POBLACIÓN TOTAL**  
**MUISNE**



**INSUMOS**

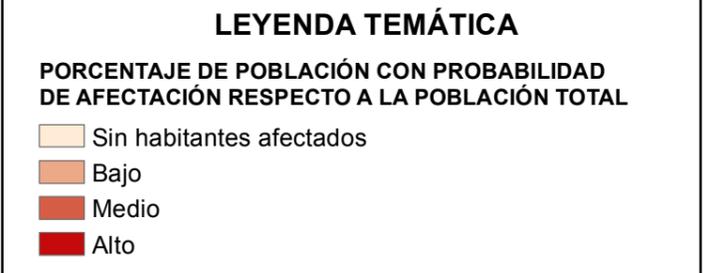
- Mapa de construcciones destruidas, IGM 2016
- Instituto Nacional de Estadística y Censos – INEC; “Geodatabase Nacional Ajustada con Información de Población y Vivienda del Pre Censo CPV2010”; Tercera Versión – Diciembre del 2014; Formato .shp; Quito, Ecuador

**DATOS ANALIZADOS**

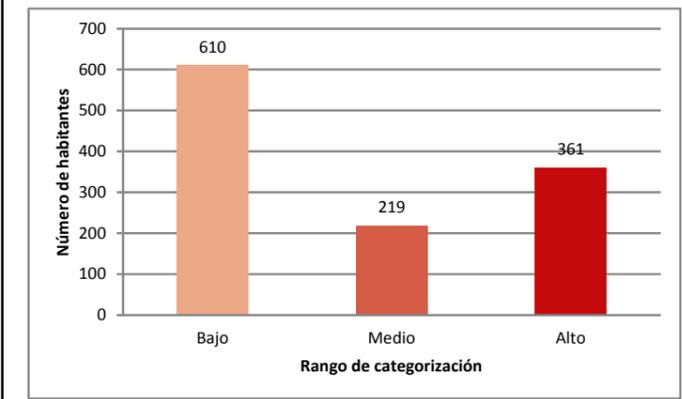
- 13 526 habitantes de la zona consolidada

**METODOLOGÍA**

Fotoidentificación de construcciones destruidas y datos población de Geodatabase ajustada INEC 2014



**NÚMERO DE HABITANTES CON PROBABILIDAD DE AFECTACIÓN SEGÚN RANGO DE CATEGORIZACIÓN**



Total población cabecera cantonal 2010	Población analizada en zona amanzanada	Población en construcción destruida	Porcentaje
8 880	13 526	1 190	8,8%

10069000

10068000

10067000

10069000

10068000

10067000



1:12.000

PROYECCION UNIVERSAL TRANSVERSA DE MERCATOR  
 SISTEMA DE REFERENCIA SIRGAS ECUADOR ZONA 17 S



608000

609000

610000





ATLAS: Estimación provisional de Edificaciones destruidas, sismo 16-04-2016

# MUISNE

Información para Verificación en Campo

