

## Una Asignación de Ayuda Humanitaria aplicada a la Atención de Poblaciones afectadas por Desastres Naturales

*Lucy Haydeé De La Cruz Cuadros<sup>1</sup>, Carlos Enrique Calderón Rodríguez<sup>1</sup>, Inés Gambini López<sup>1</sup>, Humberto Gálvez Pérez<sup>1</sup>, Rodolfo José Gálvez Pérez<sup>1</sup> y Oswaldo Napoleón Ramos Chumpitaz<sup>1</sup>*

**Resumen:** La frecuencia y el impacto de los desastres naturales son cada vez más crecientes, lo cual preocupa a los países afectados, especialmente a aquellos en que las poblaciones son más vulnerables. En el Perú la vulnerabilidad ante fenómenos, se incrementa ante acciones de las poblaciones que ubican sus viviendas en las riberas de los ríos activos, en los lechos de ríos temporalmente inactivos, en las quebradas por donde se deslizan detritos, rocas, vegetación. El distrito de Chosica, no es ajeno a esta situación, constituyéndose en un lugar con alta vulnerabilidad. Durante el Fenómeno El Niño del año 2017, Chosica sufrió las consecuencias de fuertes inundaciones del río Rímac. Ante ello, este estudio busca atenuar el impacto de inundaciones futuras en el Distrito de Chosica, determinando la asignación de la ayuda centralizada por entidades gubernamentales responsables, priorizando a los pobladores de acuerdo a la gravedad del impacto sufrido y brindando ese apoyo con la mayor eficacia. Para ello se utiliza herramientas y modelos de Investigación Operativa.

**Palabras clave:** desastres naturales; impacto de desastres naturales; ayuda humanitaria; asignación de ayuda humanitaria.

## An assignment of humanitarian aid applied to the care of populations affected by natural disasters

**Abstract:** The frequency and impact of natural disasters are increasing, which worries affected countries, especially those where populations are most vulnerable. In Peru, vulnerability to phenomena increases due to actions of the populations that locate their homes on the banks of the active rivers, in the temporarily inactive river beds, in the streams where debris, rocks, vegetation. The Chosica district is no stranger to this situation, becoming a place with high vulnerability. During the El Niño Phenomenon of 2017, Chosica suffered the consequences of heavy flooding of the Rímac River. Given this, this study seeks to mitigate the impact of future floods in the Chosica District, determining the allocation of centralized aid by responsible government entities, prioritizing the residents according to the severity of the impact suffered and providing that support with the greatest effectiveness. For this, tools and models of Operational Research are used.

**Keywords:** natural disasters; impact of natural disasters; humanitarian aid; assignment of humanitarian aid.

*Recibido: 27/02/2020. Aceptado: 25/07/2020. Publicado online: 18/08/2020.*

## 1. Introducción

En el año 2017, a consecuencia de las inundaciones sufridas por el Fenómeno El Niño costero, diferentes zonas del Perú fueron seriamente afectadas, produciéndose pérdidas de vidas humanas, de flora y fauna, daños en la agricultura, destrucción de viviendas, centros hospitalarios e infraestructura educativa, [1, 3, 4]. El costo de reparación de los daños materiales aún impacta la vida económica del país y todavía no se culmina la reparación de los bienes afectados, [5].

Si bien se produjo un fenómeno exógeno como es el Fenómeno El Niño, [2, 6, 11], el problema se hace más complejo y su impacto más fuerte debido a que en términos generales gran parte de la población ubica sus viviendas en lugares vulnerables ante peligros de ocurrencia de eventos naturales de alto riesgo.

Así, se observan poblaciones, como las del distrito de Chosica, objeto de este estudio, ubicadas a orillas del río Rímac, en las laderas de las quebradas que rodean el distrito las que se activan aleatoriamente, dando lugar a deslizamientos de detritos o huaycos, o también el riesgo ante la crecida del caudal del río Rímac al incrementarse las lluvias durante el verano costero, [3, 11].

A esto se agrega la construcción informal de diques en el río, la extracción de arena del río por las constructoras de edificaciones de Lima, lo cual incrementa la vulnerabilidad en zonas que antes eran de baja vulnerabilidad y bajo riesgo, variando de ese modo frecuentemente el mapa de riesgos del distrito. La responsabilidad es compartida entre la población y las autoridades que han permitido estas construcciones a lo largo del tiempo [3, 6].

Al ocurrir un fenómeno que produce como consecuencia inundaciones de alto impacto en las zonas donde habita la población, es importante que las entidades responsables de atender a la población afectada y damnificada acudan con la ayuda humanitaria requerida en el más breve plazo y asignen la ayuda a la población de acuerdo a criterios de prioridad establecidos, como: gravedad de la afectación a las personas o familias; niños y adultos mayores afectados; personal y bienes o productos necesarios para atender la salud física y mental, alimentación, higiene, vestimenta y abrigo temporal [7, 11].

Con la finalidad de contribuir a la solución de esta situación, brindando la atención requerida de acuerdo a la demanda y a las prioridades, se plantea en este estudio la modelación y solución para la asignación de personal orientadas a brindar ayuda humanitaria de acuerdo a prioridades pre establecidas [9].

## 2. Metodología

La investigación se aplicó al distrito de Chosica que cuenta con una población aproximada a los 300 000 habitantes. El trabajo de investigación es predictivo debido a que busca soluciones ante potenciales eventos futuros de fenómenos naturales que pudieran producir inundaciones que afecten la localidad.

Se plantea un modelo de aplicación de la programación lineal entera [8], para la asignación de personal a zonas afectadas por desastres naturales [10]. El modelo busca la asignación óptima de personal disponible para realizar la atención de necesidades de la población afectada y damnificada en zonas determinadas. El criterio de optimización es la maximización de la cantidad de personas atendidas por el personal asignado. El personal asignado estará organizado en equipos mixtos de trabajo, conformados por médicos, rescatistas y paramédicos. Tratándose de la asignación de personal las variables de decisión son variables enteras.

Se considera una zonificación previamente establecida de lugares seguros de atención. En el presente estudio se ha simulado la existencia de rangos que van entre 3 zonas afectadas por el

desastre hasta 10 zonas afectadas, dependiendo del impacto del fenómeno ocurrido. El estudio y solución del problema se realiza para cada una de las zonas del rango.

## 2.1. Modelo

### 2.1.1. Variables de decisión

Para la formulación del modelo de asignación de equipos de trabajo, en primer término se deben determinar las variables de decisión en función de los distintos tipos de personal que se tiene a disposición y los lugares, puntos o zonas de atención cuyas ubicaciones han sido previamente definidas, a las cuáles debe ser asignado el personal. En el caso en estudio se ha definido tres tipos de personal: rescatistas, médicos y paramédicos. Asimismo, se ha identificado  $N$  zonas que podrían potencialmente ser afectadas y que podrían requerir de este personal.

$i$  = Tipos de personal: rescatistas (1), médicos (2) y paramédicos (3)

$j$  = Zona afectada ( $1, \dots, N$ )

Las variables de decisión se definen como:

$x_{ij}$  = cantidad de personal tipo  $i$  que debe asignarse a la zona  $j$

### 2.1.2. Función objetivo

Se busca maximizar la cantidad de población atendida, para ello deberá estimarse previamente la cantidad de personas que puede atender cada tipo de personal en una zona determinada.

$c_{ij}$ : cantidad de personas afectadas/damnificadas, que puede atender el personal  $i$  en la zona  $j$

$i$  = 1: rescatistas, 2: médicos, 3: paramédicos

$j$  = 1, ...,  $N$

La función objetivo se expresa:

$$\text{Maximizar } Z = \sum_{i=1}^3 \sum_{j=1}^N c_{ij} x_{ij}$$

### 2.1.3. Restricciones

#### ■ Restricciones de requerimiento mínimo

$p_{ij}$ : Cantidad mínima de personas que requieren atención del personal  $i$  en la zona  $j$ . Estos valores se estiman como porcentaje o proporción de la población afectada y damnificada. Se obtienen  $3N$  restricciones.

$$c_{ij} x_{ij} \geq p_{ij} \quad \forall i, i = 1, 2, 3 \quad \forall j, j = 1, 2, 3.$$

#### ■ Restricciones de disponibilidad máxima de cada tipo de personal

- R: disponibilidad máxima de rescatistas

- M: disponibilidad máxima de médicos
- A: disponibilidad máxima de paramédicos

Valores que corresponden a la cantidad de personal disponible en el momento que ocurra el desastre.

$$\sum_{j=1}^N x_{1j} \leq R$$

$$\sum_{j=1}^N x_{2j} \leq M$$

$$\sum_{j=1}^N x_{3j} \leq A$$

Con la finalidad de cumplir apropiadamente los objetivos de atención, se establece un conjunto de relaciones de proporción entre los diferentes tipos de personal, así tenemos:

- Asignar a cada zona afectada, por cada K (rescatistas + paramédicos), al menos un médico.

$$x_{2j} + x_{3j} \leq Kx_{1j}, j = 1, \dots, N$$

- En cada zona afectada, por cada S rescatistas asignar, al menos D paramédicos.

$$DX_{2j} \leq SX_{3j}, j = 1, \dots, N$$

### Condiciones de las variables

$$X_{ij} \geq 0, \text{ enteras } i = 1, 2, 3; j = 1, \dots, N$$

**El modelo es:**

$$\text{Maximizar } Z = \sum_{i=1}^3 \sum_{j=1}^N c_{ij}x_{ij}$$

s.a.:

$$c_{ij}x_{ij} \geq p_{ij}, \forall i, j = 1, 2, 3; \forall j = 1, 2, \dots, N$$

$$\sum_{j=1}^N x_{ij} \leq R$$

$$\sum_{j=1}^N x_{2j} \leq M$$

$$\sum_{j=1}^N x_{3j} \leq A$$

$$x_{2j} + x_{3j} \leq Kx_{1j}, j = 1, \dots, N$$

$$Dx_{2j} \leq Sx_{3j}, j = 1, \dots, N$$

$$x_{ij} \geq 0, \text{ enteras } i = 1, 2, 3; j = 1, \dots, N$$

#### 2.1.4. Proceso del Modelo

Con la finalidad de obtener soluciones para diferentes escenarios posibles, relacionados con el impacto del fenómeno y con la demanda o requerimiento de ayuda humanitaria en cada caso, se han realizado diferentes corridas del modelo considerando los parámetros siguientes cuyos valores pueden modificarse de acuerdo a los valores reales que se tenga cuando ocurra el fenómeno.

##### Parámetros:

- **Coefficientes de la función objetivo**, que representan la capacidad de atención de cada unidad del profesional  $i$  en la zona  $j$ . Esas capacidades se han estandarizado para todos los casos en los valores dados en la tabla 1.

Tabla 1. Coeficientes de la función objetivo

Médico (1)	Rescatista (2)	Paramédico (3)
$c_{1j} = 25$	$c_{2j} = 50$	$c_{3j} = 40$

$c_{1j} = 25$ : significa que la capacidad de atención de un médico en una zona es de 25 personas por jornada de atención.

$c_{2j} = 50$ : significa que la capacidad de atención de un rescatista en una zona es de 50 personas por jornada de atención.

$c_{3j} = 40$ : significa que la capacidad de atención de un rescatista en una zona es de 50 personas por jornada de atención.

- **Disponibilidad de personal**

Se considera que estarían disponibles 100 médicos, 200 rescatistas y 400 paramédicos. Estos valores son modificables de acuerdo a la situación dada cuando ocurra el desastre.

- **Valores de las Restricciones**

Se obtiene el valor de cada restricción a partir de porcentajes o proporciones de la población total afectada.

#### 2.1.5. Simulación de escenarios

Se desarrolla un proceso de simulación de la posible ocurrencia de los tres niveles de impacto sobre la población afectada o damnificada: impacto leve, moderado y grave. La simulación se realiza para un conjunto de rangos de zonas afectadas.

La aleatoriedad del proceso está asociada con los niveles de impacto. Se considera que:

- Un nivel de impacto leve está relacionado con un rango de valores posibles correspondiente a una cantidad mínima de la población afectada o damnificada que requiere atención del personal, asociado a una distribución uniforme continua entre 0.01 y 0.05.
- Un nivel de impacto moderado está asociado con un rango de valores posibles correspondiente a una cantidad mínima de la población afectada o damnificada que requiere atención del personal, asociado a una distribución uniforme continua entre 0.05 y 0.06.

- Un nivel de impacto grave está asociado a un rango de valores correspondiente a una cantidad mínima afectada o damnificada que requiere atención del personal, asociada a una distribución uniforme continua entre 0.07 y 0.10.

Es así que un escenario está conformado por un rango de zonas afectadas, un nivel de impacto asociado a la magnitud del fenómeno y la cantidad mínima de población estimada como afectada/damnificada para esa magnitud.

Cada nivel de impacto y cada conjunto de zonas afectadas generan un escenario posible, así por ejemplo, si el fenómeno afecta 3 zonas del distrito y su impacto es leve, tenemos un escenario, si el impacto es moderado tenemos un segundo escenario y si el impacto es grave tenemos un tercer escenario.

Las combinaciones son:

- a. De 3 a 5 zonas afectadas

Población afectada por magnitud	Leve	1500	Moderado	2000	Grave	3000
---------------------------------	------	------	----------	------	-------	------

- b. De 6 a 10 zonas afectadas

Población afectada por magnitud	Leve	3000	Moderado	4000	Grave	6000
---------------------------------	------	------	----------	------	-------	------

- c. Por cada 20 rescatistas y paramédicos en total, se requiere por lo menos un médico ( $K=20$ ).
- d. Por cada 2 paramédicos debe haber como máximo 5 rescatistas ( $D=2, S=5$ ).

### 3. Resultados

En total han sido simulados 24 escenarios posibles, siendo ilimitada la cantidad de escenarios que podrían ser planteados y simulados. Las tablas 2 a 7 muestran los datos de entrada y las soluciones obtenidas al procesar el modelo lineal entero, para 3 zonas afectadas. El modelo se plantea para resolver el problema de asignación óptima de personal médico, rescatistas y paramédicos, para diferentes niveles de impacto del fenómeno y para diferentes cantidades de zonas afectadas en el distrito de Chosica. El objetivo es atender la mayor cantidad posible de afectados y damnificados en el caso de ocurrencia del fenómeno natural.

Como caso representativo comentamos lo siguiente:

Las tablas 2, 4 y 6 presentan los parámetros para los escenarios:

- 3 zonas afectadas, impacto leve, 1500 afectados/damnificados.
- 3 zonas afectadas, impacto moderado, 2000 afectados/damnificados.
- 3 zonas afectadas, impacto grave, 3000 afectados/damnificados

Las tablas 3, 5 y 7 presentan los resultados que resuelven los problemas para los escenarios:

- 3 zonas afectadas, impacto leve, 1500 afectados/damnificados.
- 3 zonas afectadas, impacto moderado, 2000 afectados/damnificados.
- 3 zonas afectadas, impacto grave, 3000 afectados/damnificados.

Tabla 2. Impacto leve, tres zonas afectadas, parámetros

Zonas afectadas	Población afectada	% mínimo que requiere médicos ME	Cantidad mínima que requiere médicos ME	% mínimo que requiere rescatistas RE	Cantidad mínima que requiere rescatistas RE	% mínimo que requiere Paramédicos PA	Cantidad mínima que requiere paramédicos PA
1	1500	4 %	60	1 %	15	8 %	120
2		5 %	75	5 %	75	10 %	150
3		2 %	30	2 %	30	4 %	330
TOTALES			165		120		330

Tabla 3. Impacto leve, tres zonas afectadas, solución

Zonas afectadas	Capacidad de atención por cada uno			SOLUCIÓN ÓPTIMA			POBLACIÓN A ATENDER POR DIA		
	ME	RE	PA	ME*	RE*	PA*	ME	RE	PA
1	25	50	40	3	1	3	75	50	120
2				3	2	4	75	100	160
3				2	1	2	50	50	80
TOTAL				8	4	9	200	200	360

Por tanto, se observa lo siguiente:

- El personal tiene la siguiente capacidad de atención:
  - Un médico puede atender hasta 25 pobladores por día.
  - Un rescatista puede atender hasta 50 pobladores por día.
  - Un paramédico puede atender hasta 40 pobladores por día.
- Como mínimo:
  - 165 pobladores requieren atención médica.
  - 120 pobladores requieren atención de rescatistas.
  - 330 pobladores requieren atención paramédica.
- En el caso de 3 zonas afectadas e impacto leve, se asignará en total:
  - 8 médicos
  - 4 rescatistas
  - 9 paramédicos, para las tres zonas, por día.
- Con este personal asignado se lograrán las siguientes atenciones para las 3 zonas, cada día:
  - 200 pobladores recibirán asistencia médica.
  - 200 pobladores serán atendidos por rescatistas.
  - 360 pobladores serán atendidos por paramédicos.

Tabla 4. Impacto moderado, tres zonas afectadas, parámetros

Zonas afectadas	Población afectada	% mínimo que requiere médicos ME	Cantidad mínima que requiere médicos ME	% mínimo que requiere rescatistas RE	Cantidad mínima que requiere rescatistas RE	% mínimo que requiere Paramédicos PA	Cantidad mínima que requiere paramédicos PA
1	2000	4 %	80	1 %	20	8 %	160
2		5 %	100	5 %	100	10 %	200
3		2 %	40	2 %	40	4 %	80
TOTALES			220		160		440

Tabla 5. Impacto moderado, tres zonas afectadas, solución

Zonas afectadas	Capacidad de atención por cada uno			SOLUCIÓN ÓPTIMA			POBLACIÓN A ATENDER POR DIA		
	ME	RE	PA	ME*	RE*	PA*	ME	RE	PA
1	25	50	40	4	1	4	100	50	160
2				4	2	5	100	100	200
3				2	1	2	50	50	80
TOTAL				10	4	11	250	200	440

Tabla 6. Impacto grave, tres zonas afectadas, parámetros

Zonas afectadas	Población afectada	% mínimo que requiere médicos ME	Cantidad mínima que requiere médicos ME	% mínimo que requiere rescatistas RE	Cantidad mínima que requiere rescatistas RE	% mínimo que requiere Paramédicos PA	Cantidad mínima que requiere paramédicos PA
1	3000	4 %	120	1 %	30	8 %	240
2		5 %	150	5 %	150	10 %	300
3		2 %	60	2 %	60	4 %	120
TOTALES			330		240		660

Tabla 7. Impacto grave, tres zonas afectadas, solución

Zonas afectadas	Capacidad de atención por cada uno			SOLUCIÓN ÓPTIMA			POBLACIÓN A ATENDER POR DIA		
	ME	RE	PA	ME*	RE*	PA*	ME	RE	PA
1	25	50	40	5	1	6	125	50	240
2				6	3	8	150	150	320
3				3	2	3	75	100	120
TOTAL				14	6	17	350	300	680

Las tablas 8 a 13 presentan los valores de los parámetros y las soluciones para 4 zonas afectadas.

Tabla 8. Impacto leve, cuatro zonas afectadas, parámetros

Zonas afectadas	Población afectada	% mínimo que requiere médicos ME	Cantidad mínima que requiere médicos ME	% mínimo que requiere rescatistas RE	Cantidad mínima que requiere rescatistas RE	% mínimo que requiere Paramédicos PA	Cantidad mínima que requiere paramédicos PA
1	1500	4 %	60	1 %	15	8 %	120
2		5 %	75	5 %	75	10 %	150
3		2 %	30	2 %	30	4 %	60
4		2 %	30	8 %	120	4 %	60
TOTALES			195		240		390

Tabla 9. Impacto leve, cuatro zonas afectadas, solución

Zonas afectadas	Capacidad de atención por cada uno			SOLUCIÓN ÓPTIMA			POBLACIÓN A ATENDER POR DIA		
	ME	RE	PA	ME*	RE*	PA*	ME	RE	PA
1	25	50	40	3	1	3	75	50	120
2				3	2	4	75	100	160
3				2	1	2	50	50	80
4				2	3	2	50	150	80
TOTAL				10	7	11	250	350	440

Tabla 10. Impacto moderado, cuatro zonas afectadas, parámetros

Zonas afectadas	Población afectada	% mínimo que requiere médicos ME	Cantidad mínima que requiere médicos ME	% mínimo que requiere rescatistas RE	Cantidad mínima que requiere rescatistas RE	% mínimo que requiere Paramédicos PA	Cantidad mínima que requiere paramédicos PA
1	2000	4 %	80	1 %	20	8 %	160
2		5 %	100	5 %	100	10 %	200
3		2 %	40	2 %	40	4 %	80
4		2 %	40	8 %	160	4 %	80
TOTALES			60		320		520

Tabla 11. Impacto moderado, cuatro zonas afectadas, solución

Zonas afectadas	Capacidad de atención por cada uno			SOLUCIÓN ÓPTIMA			POBLACIÓN A ATENDER POR DIA		
	ME	RE	PA	ME*	RE*	PA*	ME	RE	PA
1	25	50	40	4	1	4	100	50	160
2				4	2	5	100	100	200
3				2	1	2	50	50	80
4				2	4	2	50	200	80
TOTAL				12	8	13	300	400	520

Tabla 12. Impacto grave, cuatro zonas afectadas, parámetros

Zonas afectadas	Población afectada	% mínimo que requiere médicos ME	Cantidad mínima que requiere médicos ME	% mínimo que requiere rescatistas RE	Cantidad mínima que requiere rescatistas RE	% mínimo que requiere Paramédicos PA	Cantidad mínima que requiere paramédicos PA
1	3000	4 %	120	1 %	30	8 %	240
2		5 %	150	5 %	150	10 %	300
3		2 %	60	2 %	60	4 %	120
4		2 %	60	8 %	240	4 %	120
TOTALES			390		300		780

Tabla 13. Impacto grave, cuatro zonas afectadas, solución

Zonas afectadas	Capacidad de atención por cada uno			SOLUCIÓN ÓPTIMA			POBLACIÓN A ATENDER POR DIA		
	ME	RE	PA	ME*	RE*	PA*	ME	RE	PA
1	25	50	40	5	1	6	125	50	240
2				6	3	8	150	150	320
3				3	2	3	75	100	120
4				3	5	3	75	250	120
TOTAL				17	11	20	425	550	800

Tabla 14. Personal a asignar por número de zonas afectadas y nivel de impacto. Población total a ser atendida por tipo de personal y por jornada de atención

CANTIDAD DE ZONAS AFECTADAS	IMPACTO: POBLACIÓN AFECTADA/DAMNIFICADA	PERSONAL A ASIGNAR			POBLACIÓN A ATENDER POR TIPO DE PERSONAL POR DÍA		
		ME*	RE*	PA*	ME	RE	PA
3	Leve: 1500	8	4	9	200	200	360
	Moderado: 2000	10	4	11	200	200	440
	Grave: 3000	14	6	17	300	300	680
4	Leve: 1500	10	7	11	250	350	440
	Moderado: 2000	12	8	13	300	400	520
	Grave: 3000	17	11	20	425	550	800
5	Leve: 1500	12	7	14	300	400	560
	Moderado: 2000	15	10	16	375	500	640
	Grave: 3000	21	13	25	525	650	1000
6	Leve: 3000	17	10	20	425	500	800
	Moderado: 4000	22	13	24	550	550	960
	Grave: 6000	31	17	37	775	850	1480
7	Leve: 3000	21	12	25	525	600	1000
	Moderado: 4000	27	15	30	675	750	1200
	Grave: 6000	39	20	46	975	1000	1840
8	Leve: 3000	24	14	29	600	700	1160
	Moderado: 4000	31	18	35	775	900	1400
	Grave: 6000	45	24	54	1125	1200	2160
9	Leve: 3000	30	17	37	750	850	1480
	Moderado: 4000	39	22	45	975	1100	1800
	Grave: 6000	57	29	69	1425	1450	2760
10	Leve: 3000	33	19	40	825	950	1600
	Moderado: 4000	43	25	49	1075	1250	1960
	Grave: 6000	62	33	75	1550	1650	3000

ME: médico, RE: rescatista, PA: paramédico

#### 4. Discusión

Con base en la información disponible sobre el riesgo y vulnerabilidad del distrito de Chosica, se ha simulado diversos escenarios asociados con impactos posibles y con la asignación de personal para ofrecer la ayuda requerida, según la población afectada y damnificada: médicos, rescatistas y paramédicos.

Se ha considerado, que ante una posible ocurrencia de un fenómeno de inundación, sean afectadas entre 3 a 10 zonas del distrito. Los niveles de impacto se han categorizado como Leve, Moderado o Grave.

Se considera que cuando son afectadas entre 3 a 5 zonas:

- Un nivel leve está asociado a la afectación/damnificación de 1500 personas aproximadamente.

- Un nivel moderado está asociado a la afectación/damnificación de 2000 personas aproximadamente.
- Un nivel grave está asociado a la afectación/damnificación de 3000 personas aproximadamente.

Se considera que cuando son afectadas entre 6 a 10 zonas:

- Un nivel leve está asociado a la afectación/damnificación de 3000 personas aproximadamente.
- Un nivel moderado está asociado a la afectación/damnificación de 4000 personas aproximadamente.
- Un nivel grave está asociado a la afectación/damnificación de 6000 personas aproximadamente.

En total, se ha evaluado mediante un modelo de programación lineal entera, 24 casos o escenarios que combinan nivel de impacto, población afectada y cantidad de cada tipo de personal, con el objetivo de maximizar la cantidad de población atendida por día.

Para cada cantidad de zonas afectadas se ha obtenido la cantidad mínima de población afectada/damnificada que sería posible atender y la cantidad de mínima médicos, rescatistas y paramédicos que serían necesarios para cada escenario.

Se obtiene, por ejemplo, que para los casos extremos, que para tres zonas afectadas, e impacto leve se asignarían 8 médicos, 4 rescatistas y 9 paramédicos, en total para las tres zonas, en tanto que en el caso de 10 zonas afectadas e impacto leve se asignarían 33 médicos, 19 rescatistas y 40 paramédicos, en total para las diez zonas.

## 5. Conclusiones

- a) Es posible realizar la asignación de ayuda humanitaria con eficacia, priorizando a los pobladores afectados y damnificados, de acuerdo a sus requerimientos.
- b) Conociéndose la disponibilidad de personal médico, rescatistas y paramédicos en el momento de ocurrencia del desastre, y haciendo uso de modelos de Programación Lineal Entera, es posible determinar la cantidad óptima a asignar personal médico, rescatistas y paramédicos, de acuerdo a los requerimientos, a las diferentes lugares de atención previamente definidos y ubicados en lugares seguros del distrito, maximizando la cantidad de pobladores atendidos.
- c) Ante cualquier situación, es posible obtener resultados inmediatos del procesamiento del modelo, dando los valores de los parámetros que en cada caso correspondan a la situación real.

## Referencias bibliográficas

- [1] Agostinho, C. (2013). Humanitarian Logistics: How to help even more?. *IFAC Proceedings Volumes*, 46(24), 206–210.
- [2] BBC Mundo. (2017). *Qué es "El Niño costero" que está afectando a Perú y Ecuador y por qué puede ser el indicador de un fenómeno meteorológico a escala planetaria* - BBC Mundo. Londres.

- [3] Berger, E.; Velásquez, C.; Huaroto, J.C; Zacarías, M.; Núñez, L.; Arriola, J.(2018). Logística Humanitaria: modelos para la atención de poblaciones afectadas por desastres naturales. *Pesquimat*, 21(2), 17–29.
- [4] Carrasco-Fonseca, Julio. (2017). *Aplicación de la Logística Humanitaria para atender la emergencia ocasionada por El Niño Costero en Piura* (tesis de licenciatura en Ingeniería Industrial y de Sistemas). Universidad de Piura, Piura, Perú.
- [5] Cozzolino, A. (2012). *Humanitarian Logistics and Supply Chain Management*. En A. Cozzolino (Ed.), SpringerBriefs in Business. Humanitarian Logistics (pp. 5–16). Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg.
- [6] De Brito, Jr. (2017, mayo). *Humanitarian Logistics: General Concepts*, Lima, INDECI. (2017). Reporte de situación diaria: 21 de abril de 2017.
- [7] Instituto Geofísico del Perú. (2009). *¿Qué es el ENFEN?*. Lima. Perú.
- [8] Mendoza, A. y Ventura, J.A. (2008). An Effective Method to Supplier Selection and Order Quantity Allocation. *International Journal of Business and Systems Research*, 2(1), 1–15.
- [9] Moynihan, G.P., Saxena, P. y Fonseca, D.J. (2006). Development of a decision support system for procurement operations. *International Journal of Logistics Systems and Management*, 2(1), 1–18.
- [10] Sanayei, A., Mousavi, S.F., Abdi, M.R. y Mohaghar, A. (2008). An Integrated group Decision-making Process for Supplier Selection and Order Allocation using Multi-attribute Utility Theory and Linear Programming. *Journal of the Franklin Institute*, 345(7), 731–747.
- [11] Takahashi, K, Mosquera, K., y Reupo, J. (2014). El Índice Costero El Niño (ICEN): historia y actualización. Generación de modelos climáticos para el pronóstico de la ocurrencia del Fenómeno El Niño. *Boletín Técnico*, 1(2), 8–9.