

# Modelo de Simulación del Comportamiento de los Casos de COVID19 para el Departamento de Oruro

*Ing. Ramiro Bernal Martinez*

*Universidad Técnica de Oruro*

## **I. Introducción**

El 31 de diciembre de 2019 fue notificado el primer caso de corona virus (COVID19) en Wuham (China) y desde entonces la infección se ha extendido ampliamente en todo el mundo, a tal grado que la OMS en fecha 11 de marzo de 2020 la declaro como una pandemia. El COVID-19 es una enfermedad respiratoria aguda, a veces grave, causada por un nuevo coronavirus SARS-CoV2.

En Bolivia se notifica los 2 primero casos de COVID19 el 10 de marzo de 2020, en el departamento de Oruro se notifica el primer caso de COVID19 el 10 de marzo de 2020, con un caso importado de Italia, hasta el 8 de mayo de 2020 se han notificado un total de 116 casos que actualmente representa el 5,57% del total de casos en Bolivia (2081) con un total de 8 decesos, que representa una tasa de letalidad de 6,9%.

El gobierno del Estado Plurinacional de Bolivia ante el crecimiento de los casos decide declarar una cuarentena total a partir del domingo 22 de marzo de 2020, inicialmente hasta el 4 de abril, posteriormente se decide alargar la misma hasta el 30 de abril y luego hasta el 10 de mayo, a partir de 11 de mayo se declara una “*cuarentena dinámica*”, que dependerá del comportamiento que tenga la enfermedad en los diferentes municipios, el Ministerio de salud evaluará cada semana la evolución de la pandemia y determinará el tipo de cuarentena que cumplirá cada departamento, municipio o ciudad.

Se clasifican 3 tipos de cuarentena:

- Cuarentena Riesgo Alto: Cuarentena total.
  
- Cuarentena Riesgo Medio, cuyas características principales son:
  - 1) Jornada laboral de **seis horas**.
  - 2) Las empresas podrán transportar a sus trabajadores.
  - 3) Se puede utilizar motos y bicicletas para transporte laboral.
  - 4) Se prohíbe personas en espacios públicos desde las 17:00.

- 5) Menores de edad y mayores de 65 años podrán salir **una hora al día** en los alrededores de sus casas.
- Cuarentena Riesgo Moderado, cuyas características principales son:
- 1) Jornada laboral de **ocho horas**.
  - 2) Atención al público de 06:00 a 18:00.
  - 3) Se prohíbe personas en espacios públicos de 19:00 a 05:00.
  - 4) Restricción vehicular según placa.
  - 5) Menores de edad y mayores de 65 años pueden salir de 06:00 a 12:00 del medio día.

De todo lo anteriormente expuesto se hace necesario poder determinar el comportamiento que tendrían los casos de COVID19 en el futuro a fin de poder determinar cual seria la cuarentena que se debería implementar en el Departamento de Oruro.

## **II. DEFINICION DEL PROBLEMA**

*¿De qué manera se puede determinar el comportamiento de los casos de COVID 19 (Coronavirus) en el departamento de Oruro tomando en cuenta las diferentes clases de cuarentena a fin de reducir los mismos y el número de muertes?*

## **III. OBJETIVO GENERAL**

**Desarrollar un modelo de Dinámica de Sistemas que permita determinar el comportamiento de los casos de COVID19 (Coronavirus) en el departamento de Oruro tomando en cuenta las diferentes clases de cuarentena a fin de reducir los mismos y el número de muertes?**

## **IV. DESARROLLO DEL MODELO DE SIMULACION**

### **IV.1. SUPUESTOS DEL MODELO**

Para el desarrollo del modelo se manejan los siguientes supuestos:

- 1) Población departamento de Oruro: 538.200 Habitantes (Fuente: INE, Proyección 2019)

## 2) Clasificación infectados: (Fuente: OMS)

- a) Infectados asintomáticos (no desarrollan ningún síntoma, se recuperan de la enfermedad sin ningún tratamiento) 80% de los infectados.
- b) Sintomáticos (desarrollan síntomas que requieren algún tipo de atención medica y/o hospitalización leve) 16%
- c) Sintomáticos críticos (desarrollan una enfermedad grave, requieren terapia intensiva) 4%

3) Tiempo de incubación 7-14 días, (el modelo simula aleatoriamente entre esos parámetros)

4) Tasa de contagio: 1 a 3 personas/día x infectado, (el modelo simula aleatoriamente entre esos parámetros)

5) Tasa de letalidad: 6.9% del total de casos, según muertes oficiales en el departamento de Oruro.

6) Tiempo de Simulación: 170 días a partir del primer caso notificado en el departamento de Oruro

### IV. 3. ESCENARIOS DE SIMULACION

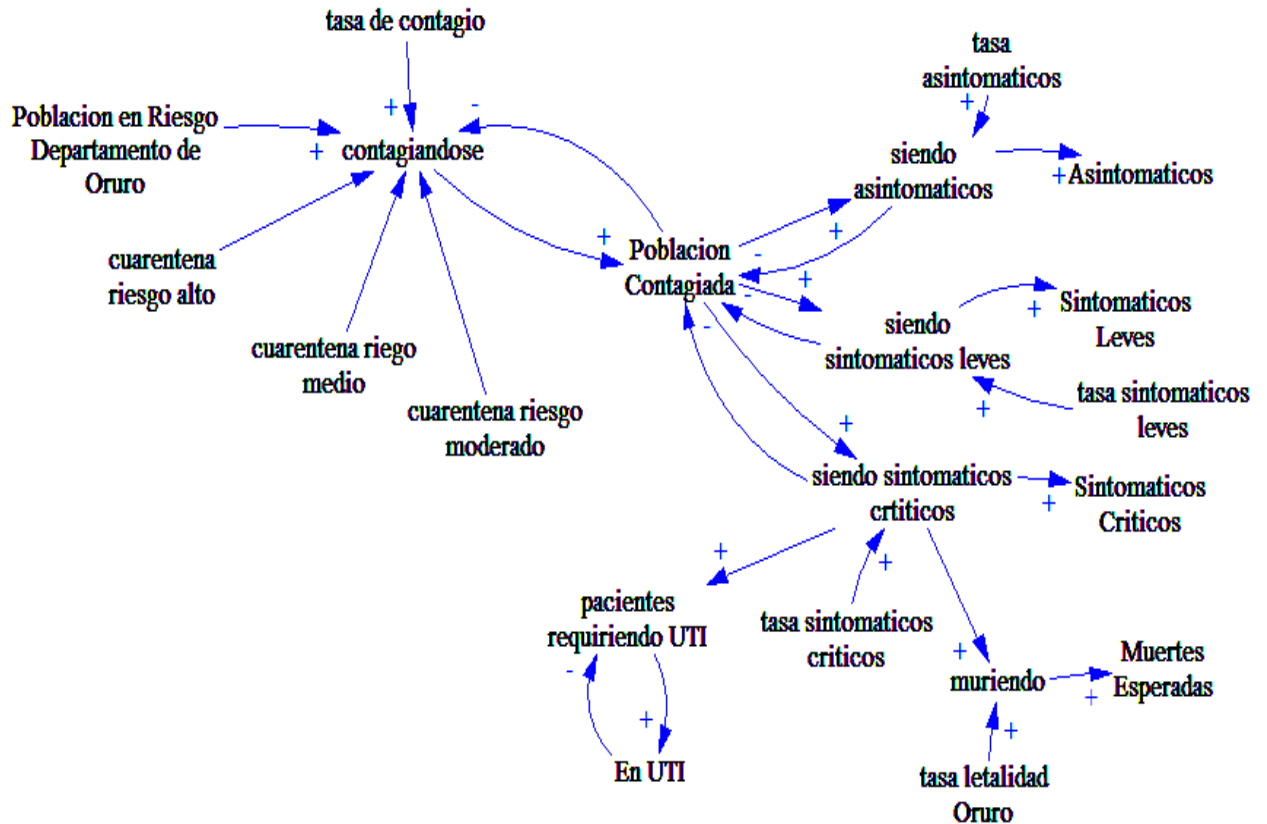
1) **ESCENARIO 1**: Cuarentena Riesgo Alto, se asume cuarentena total durante los 170 días (10% de la población total se moviliza, 90% permanece en sus hogares)

2) **ESCENARIO 2**: Cuarentena Riesgo Medio, se asume que durante los 170 días (25% de la población total se moviliza, 75% permanece en sus hogares)

3) **ESCENARIO 3**: Cuarentena Riesgo Moderado, se asume que durante los 170 días (50% de la población total se moviliza, 50% permanece en sus hogares)

### IV.4. DIAGRAMA CAUSAL

En la siguiente grafica se puede ver el diagrama causal del modelo o estructura del sistema:



En la anterior grafica se puede ver las interrelaciones entre las variables o hipótesis dinámicas que se pasan a detallar:

- Se tiene una población en riesgo la cual se contagia en función de una tasa de contagio y la población previamente contagiada.
- La población contagiada se divide en asintomáticos en función de una tasa de asintomáticos; sintomáticos leves en función de una tasa de sintomáticos leves y sintomáticos críticos en función de una tasa de sintomáticos críticos.
- Los sintomáticos críticos pueden morir en función de una tasa de letalidad y esto causa una cantidad acumulada de muertes esperadas.
- Los sintomáticos críticos requerirán ser atendidos en una UTI, lo cual estará en función de la cantidad de UTIs que se disponga.

## V. RESULTADOS DEL MODELO

Una vez desarrollado el diagrama causal del modelo de simulación, el mismo se lo implementa en el sw *IThink* , a continuación se puede ver los principales resultados:

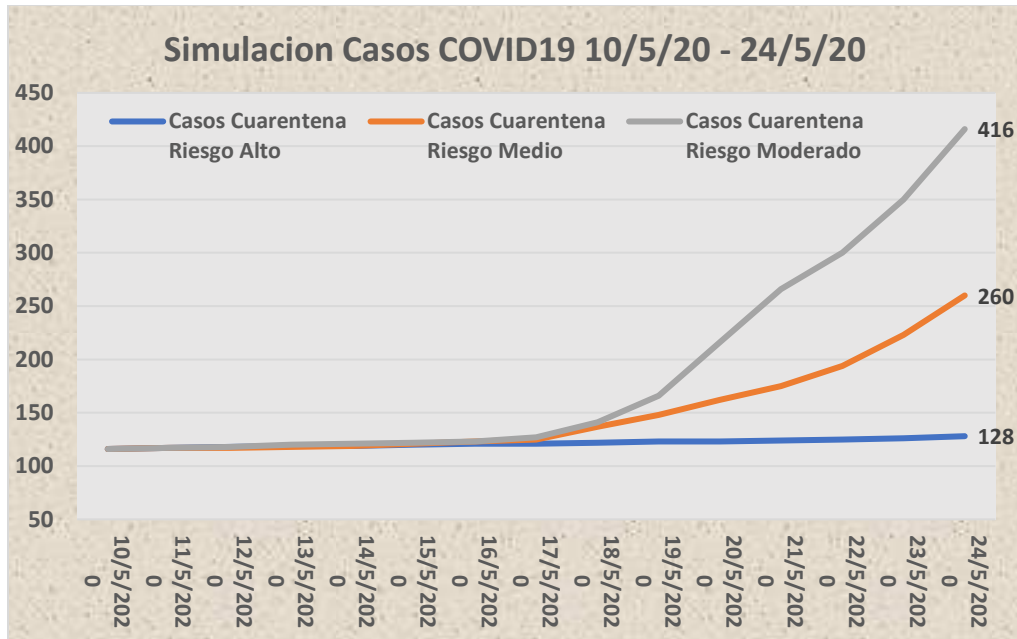
### V.1. Numero Casos Acumulados Covid19 Periodo 10/5/20 – 24/5/20

En primera instancia se analizará los resultados del modelo tomando en cuenta las primeras dos semanas una vez concluida la cuarentena total bajo los 3 escenarios propuestos, esto debido a que el ministerio de salud evaluara el comportamiento de los casos cada 7 días, para ver la conveniencia o no de seguir o cambiar de cuarentena, en la siguiente tabla y grafica se puede ver los mismos:

**Tabla 1: Simulación Casos Acumulados COVID19 10/5/20 – 24/5/20**

Fecha	Casos Cuarentena Riesgo Alto	Casos Cuarentena Riesgo Medio	Casos Cuarentena Riesgo Moderado
10/5/2020	116	116	116
11/5/2020	117	117	117
12/5/2020	118	117	118
13/5/2020	119	118	120
14/5/2020	119	119	121
15/5/2020	120	121	122
16/5/2020	121	123	123
17/5/2020	121	125	127
18/5/2020	122	137	141
19/5/2020	123	148	166
20/5/2020	123	162	216
21/5/2020	124	175	266
22/5/2020	125	194	300
23/5/2020	126	223	350
24/5/2020	128	260	416

Fuente: Elaboración Propia en base a los resultados del modelo



Fuente: Elaboración Propia en base a los resultados del modelo

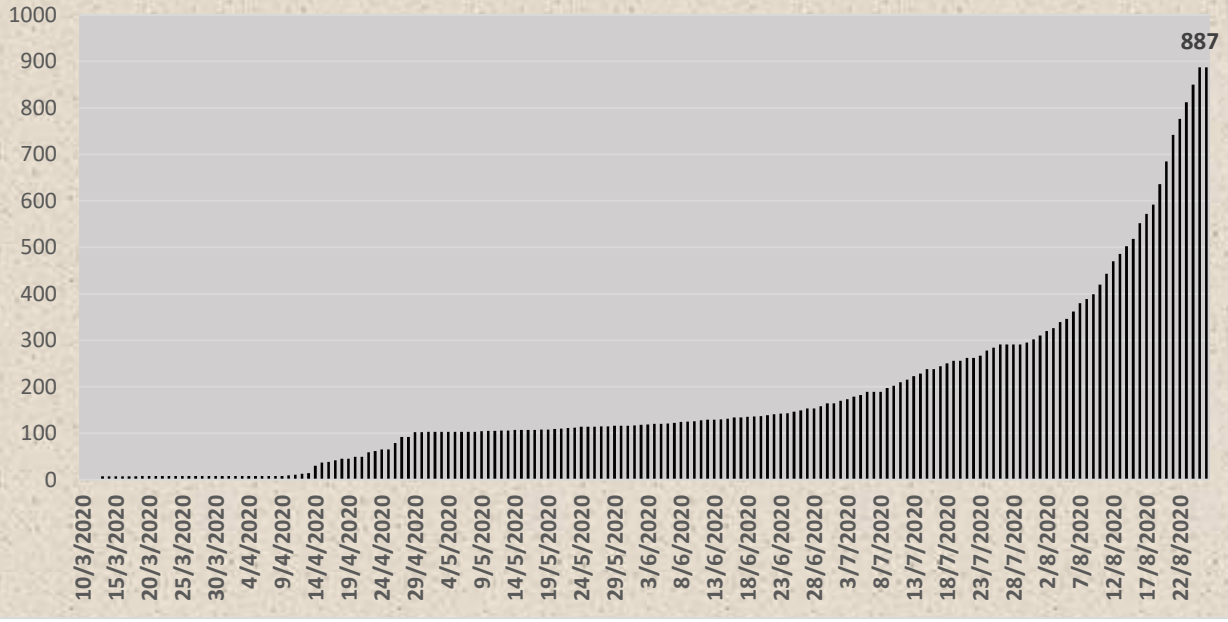
A partir de la anterior tabla se puede concluir lo siguiente:

- En el escenario con cuarentena de riesgo alto se estaría presentando un acumulado de 128 casos de COVID19, significando un incremento del 10.3% en relación al dato acumulado a 9 de mayo de 2020
- En el escenario con cuarentena de riesgo medio se estaría presentando un acumulado de 260 casos de COVID19, significando un incremento del 124% en relación al dato acumulado a 9 de mayo de 2020
- En el escenario con cuarentena de riesgo moderado se estaría presentando un acumulado de 416 casos de COVID19, significando un incremento del 258% en relación al dato acumulado a 9 de mayo de 2020

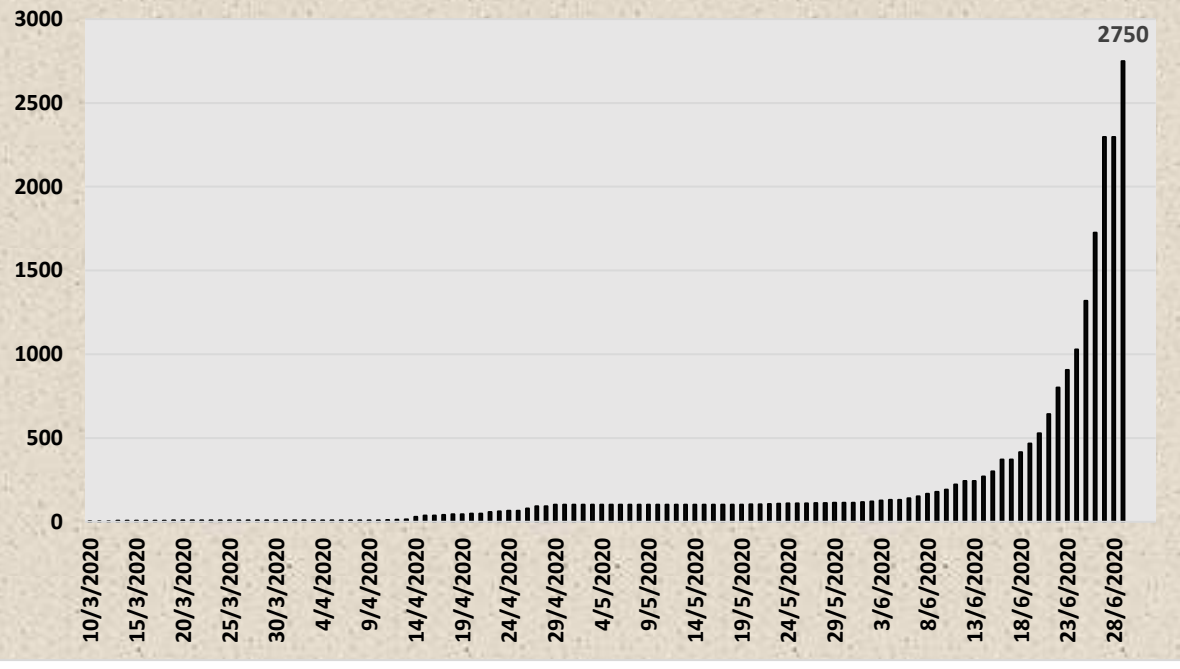
## V.2. Numero Casos Acumulados Covid19

A continuación en los siguientes gráficos se observa el comportamiento de los casos de COVID19 de manera completa bajo las 3 clases de cuarentena:

### Simulacion Casos Acumulados Cuarentena Riesgo Alto



### Simulacion Casos Acumulados Cuarentena Riesgo Medio





En la siguiente tabla se puede ver el resumen de los resultados del modelo de simulación:

**Tabla 2: Resultados totales Resumidos del Modelo de Simulación**

CUARENTENA RIESGO ALTO			CUARENTENA RIESGO MEDIO			CUARENTENA RIESGO MODERADO		
CASOS	MUERTES	TIEMPO PICO ALTO	CASOS	MUERTES	TIEMPO PICO ALTO	CASOS	MUERTES	TIEMPO PICO ALTO
887	61	21/8/2020	2750	190	23/6/2020	4234	292	3/6/2020

Fuente: Elaboración Propia en base a los resultados del modelo

De acuerdo a las anteriores graficas y tabla se puede concluir los siguiente:

- Bajo el escenario de la cuarentena de Riesgo Alto, se estarían presentado en el departamento de Oruro un total acumulado de 887 casos y 61 muertes, el pico más alto de la pandemia sería el 21 de agosto de 2020.



- Bajo el escenario de la cuarentena de Riesgo Medio, se estarían presentado en el departamento de Oruro un total acumulado de 2750 casos y 190 muertes, el pico más alto de la pandemia sería el 23 de junio de 2020.
- Bajo el escenario de la cuarentena de Riesgo Moderado, se estarían presentado en el departamento de Oruro un total acumulado de 4234 casos y 292 muertes, el pico más alto de la pandemia sería el 3 de junio de 2020.

### **V.3. REQUERIMIENTO DE RESPIRADORES**

Según los resultados del modelo de simulación en lo referido a requerimiento de respiradores se tiene que:

- En el escenario de cuarentena de riesgo alto se requeriría como mínimo 33 respiradores
- En el escenario de cuarentena de riesgo medio se requeriría como mínimo 99 respiradores
- En el escenario de cuarentena de riesgo moderado se requeriría como mínimo 189 respiradores

## **VI. RECOMENDACIONES**

De acuerdo a los resultados del modelo de simulación se recomienda lo siguiente:

- Se recomienda a la gobernación y el Gobierno Municipal de Oruro mantener la cuarentena de riesgo alto durante los siguientes 15 días, a fin de reducir los casos de contagios.
- Para ver la conveniencia o no de flexibilizar la cuarentena la misma deberá estar en función de los contagios que se presenten durante un lapso de una semana, si se observa un aumento sostenido de contagios con el transcurrir de los días se recomienda seguir en cuarentena de riesgo alto. Si se observa una reducción o silencio epidemiológico con el transcurso de los días se podría ver la posibilidad de

entrar en cuarentena de riesgo medio y también realizando la cuantificación del índice de riesgo desarrollado por el gobierno nacional

- Se recomienda exigir al gobierno central mediante el Ministerio de Salud la dotación de por lo menos 50 respiradores para el departamento de Oruro.
- Se recomienda para reducir la afluencia de personas en los centros de abasto y así disminuir la probabilidad de contagios, que los habitantes tengan 5 días para realizar sus compras de acuerdo a su CI
- Se recomienda que todos los habitantes durante sus salidas para realizar sus compras hagan uso del barbijo de manera obligatoria.
- Se debe generar estrategias mediante la gobernación y el GAMO para garantizar que los pobladores se queden en sus casas mediante la identificación de las familias en condición de vulnerabilidad y ayudar a las mismas mediante la dotación de víveres y algún bono económico que ayude a paliar sus necesidades.