

## **Aplicaciones de un generador de números aleatorios a los eventos estocásticos en la evaluación económica financiera de un proyecto.**

**Por: Juvencio Roldán Rivas**

A lo largo del ciclo de vida de un producto pueden surgir una serie de acontecimientos que afectan indudablemente la demanda de este, así como el posicionamiento de una empresa en el mercado. El ciclo de vida de un proyecto se somete a la fluctuación aleatoria de muchos factores que tienen clara repercusión en la posición financiera de la empresa, tales como variabilidad de las tasas de interés, cambios de costos y precio de venta y variaciones en la demanda como reflejo de crisis económicas. Muchos de estos eventos a los que se les considera aleatorios, pueden ser en realidad predecibles hasta cierto punto, si es que se cuenta con estadísticas que nos revelen patrones de ocurrencia, los cuales se pueden representar a través de alguna distribución de probabilidad o simplemente determinando la probabilidad de ocurrencia del evento.

Es claro que las evaluaciones económicas de proyectos en que se utilizan usualmente como técnica de evaluación el análisis de Valor Presente Neto, TIR o tiempo de recuperación, no consideran todos los eventos “casuales” que se han mencionado anteriormente. Los valores que se introducen son en su mayoría determinísticos, lo cual le puede restar bastante confiabilidad al modelo con el cual se pretende evaluar un proyecto.

La simulación de procesos industriales sin embargo, ofrece herramientas que se pueden adaptar perfectamente a la elaboración de un modelo financiero que considere la probabilidad de eventos a lo largo de la vida del proyecto o las fluctuaciones aleatorias propias de las variables que intervienen en su evaluación. Aunque tiene sus limitaciones desde el punto de vista estadístico, el generador de números aleatorios con el que cuenta cualquier SW de simulación, -en este caso el SW “Arena”- permite realizar en unos cuantos minutos decenas de miles de réplicas de todos los eventos estocásticos que pueden darse durante el ciclo de vida del proyecto y de esa manera obtener -dentro de un rango de confiabilidad

previamente establecido- un resultado que puede tener un alto nivel de semejanza con la realidad.

Para ilustrar el potencial de los simuladores como herramienta de apoyo en la evaluación de proyectos, utilizaremos un ejemplo sencillo pero que considera diversos elementos aleatorios.

Supongamos que se tiene que evaluar con la técnica de VPN la factibilidad económica del siguiente proyecto de inversión:

Un producto cuyo ciclo de vida se estima en 5 años. La inversión inicial es de \$10,000 y se tiene un apalancamiento financiero del 25% de la inversión, que se descuenta cada año de acuerdo a la tasa de interés vigente para dicho periodo. Los ingresos anuales dependen por supuesto de las ventas y del precio de venta.

Las ventas anuales, tasas de interés y precio de venta pueden fluctuar de acuerdo a la siguiente tabla:

	<b>Año 1</b>	<b>Año 2</b>	<b>Año 3</b>	<b>Año 4</b>	<b>Año 5</b>
<b>Ventas(pzas.)</b>	1800-2100	1950-2400	2500-3450	3400-4100	4200-4500
<b>Tasa de interés</b>					
<b>anual(Media, desv. Std.)</b>	(7%,1.2)	(8%,1.2)	(9%,2.5)	(6.5%,1.8)	(9%,2.3)

¿Nota algo extraño? Las ventas anuales no son exactas, sino que se enmarcan dentro de un rango. En realidad la mayoría de las veces no se tiene certeza en cuanto a los volúmenes de ventas, solamente se tiene un pronóstico que puede fluctuar dentro de un rango que se puede representar a través de una distribución de probabilidad uniforme. ¿Y qué me dicen de las tasas de interés? ¿Acaso permanecen siempre estables? En este caso se estima que se pueden representar bajo una distribución de probabilidad normal, para lo cual se necesita conocer el valor de la media y la desviación estándar, tal como se establece en la tabla anterior.

Para hacer el problema más interesante, agreguemos ahora que el precio de venta es de \$2.50 a lo largo del ciclo de vida, pero existe un 50% de probabilidad de que a partir del 3er año surja un producto competidor con características muy

similares, lo cual nos puede obligar a reducir el precio a \$2.00 para los tres años restantes. Por supuesto que esta reducción de precio se tiene que reflejar en nuestros ingresos, lo cual tendría un claro efecto en nuestros flujos positivos de caja.

Para complicar aún más nuestro problema supongamos que hay también un 10% de probabilidades de que en alguno de los 5 años se presente una crisis económica que tenga como consecuencia una disminución de hasta 50% de las ventas, con su respectivo reflejo en los ingresos, flujos de caja y VPN.

Con todo esto, queremos determinar el VPN medio del proyecto con rangos y desviación que ofrezcan un 90% de confiabilidad. ¿Se ve complicado? Sí, lo está. Principalmente porque las herramientas tradicionales de toma de decisiones y de ingeniería financiera no pueden considerar tantos elementos aleatorios y mucho menos proveer un rango estadístico de confiabilidad.

En la ingeniería industrial se hace uso de simuladores que permiten representar el comportamiento de procesos industriales y logísticos con todos sus eventos estocásticos, tales como descomposturas de equipos, variaciones en la demanda o en los tiempos de proceso, diferentes tamaños de lote o probabilidades de lotes defectuosos. Dichos simuladores cuentan como herramienta más poderosa con generadores de números aleatorios, que en el caso del SW de simulación con el que estamos resolviendo este problema son capaces de lanzar valores que se ajusten a ciertas distribuciones de probabilidad dados ciertos parámetros. Lo mejor de todo es que es un SW bastante amigable y posible de aprender en unas pocas sesiones.

A continuación, en diferentes recuadros se irá mostrando el comportamiento de la simulación. Es conveniente mencionar que para que tenga la validez estadística de que hacemos mención no es suficiente con una réplica, ni 10, ni 100. Dada la aleatoriedad de nuestros datos se requiere de miles de réplicas de la simulación, tales que contengan todas las probabilidades de eventos aleatorios en tal cantidad que podamos considerar estadísticamente hablando de que nuestra simulación alcanzó un estado estacionario. Pues no hay problema. Nuestro

modelo correrá decenas de miles de repeticiones en sólo unos minutos, y además se tiene la oportunidad de ver en números y gráficas cómo alcanza este estado estacionario.

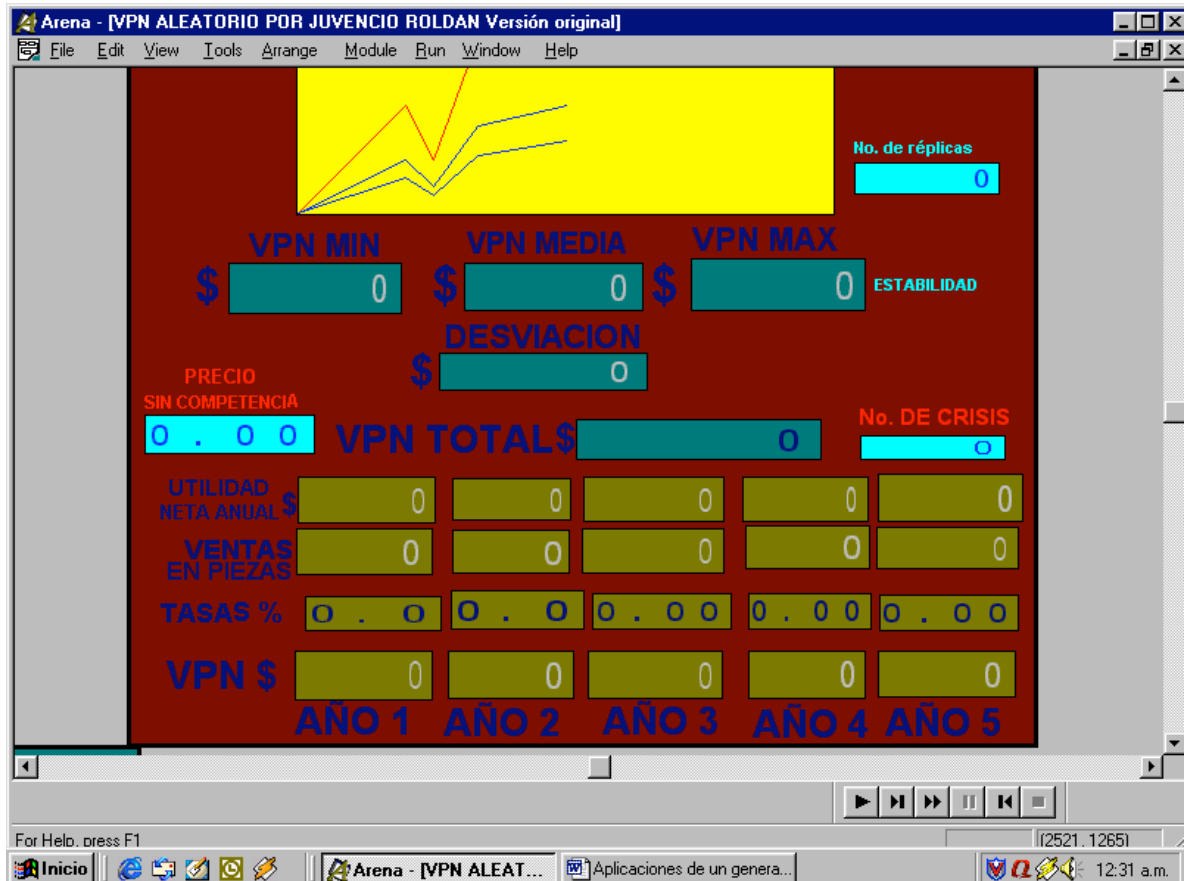


Fig. 1

En la figura 1 se pueden apreciar las ventanas en las que aparecerán los datos generados durante la corrida para cada año, así como los rangos estadísticos (intervalos de confianza) que va calculando de manera automática a la vez que corre. En la gráfica se aprecian tres curvas, la inferior corresponderá al VPN mínimo, la de en medio al VPN medio y la superior al VPN máximo. Se podrán apreciar también el número de réplicas que se han realizado, así como el precio vigente, o si se presenta alguna crisis y en qué año.

En la siguiente figura se aprecia el estado de nuestra corrida después de las primeras réplicas.

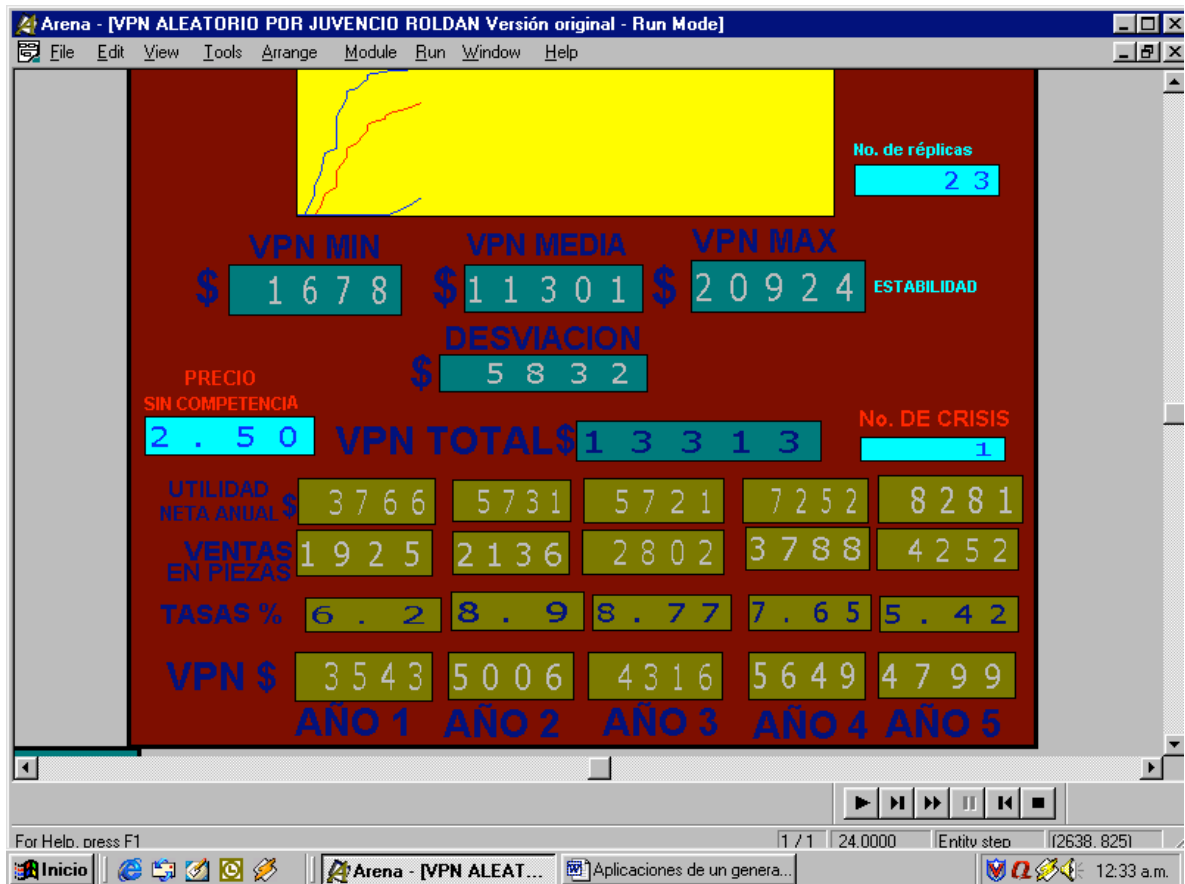


Fig. 2

Como se puede apreciar, ya se han generado 23 réplicas. El simulador ha generado números aleatorios dentro de distribuciones de probabilidad uniforme para las ventas de cada año. De la misma manera ha ocurrido con las tasas de interés. Ha generado los cálculos correspondientes a las utilidades anuales y al VPN para cada año, ya que cada uno tiene diferente tasa de interés. Realiza la suma para determinar el VPN Total y considerando el número de réplicas que ha realizado, calcula automáticamente el rango de confiabilidad para un 90%.

Como se puede suponer, con solo 23 réplicas la desviación obtenida es muy alta. Esto se aprecia muy bien en las curvas de los rangos. Las brechas entre los primeros valores arrojados de VPN mínimo, medio y máximo son muy amplias. Como se verá más adelante, en la medida que se tiene un mayor número de réplicas los datos obtenidos tienden a normalizarse dentro de lo que se conoce como "estado estacionario" y esa brecha se hace muy angosta. Hasta la figura 2, se ha presentado una crisis con el consecuente efecto en el VPN. Observemos ahora la siguiente figura.

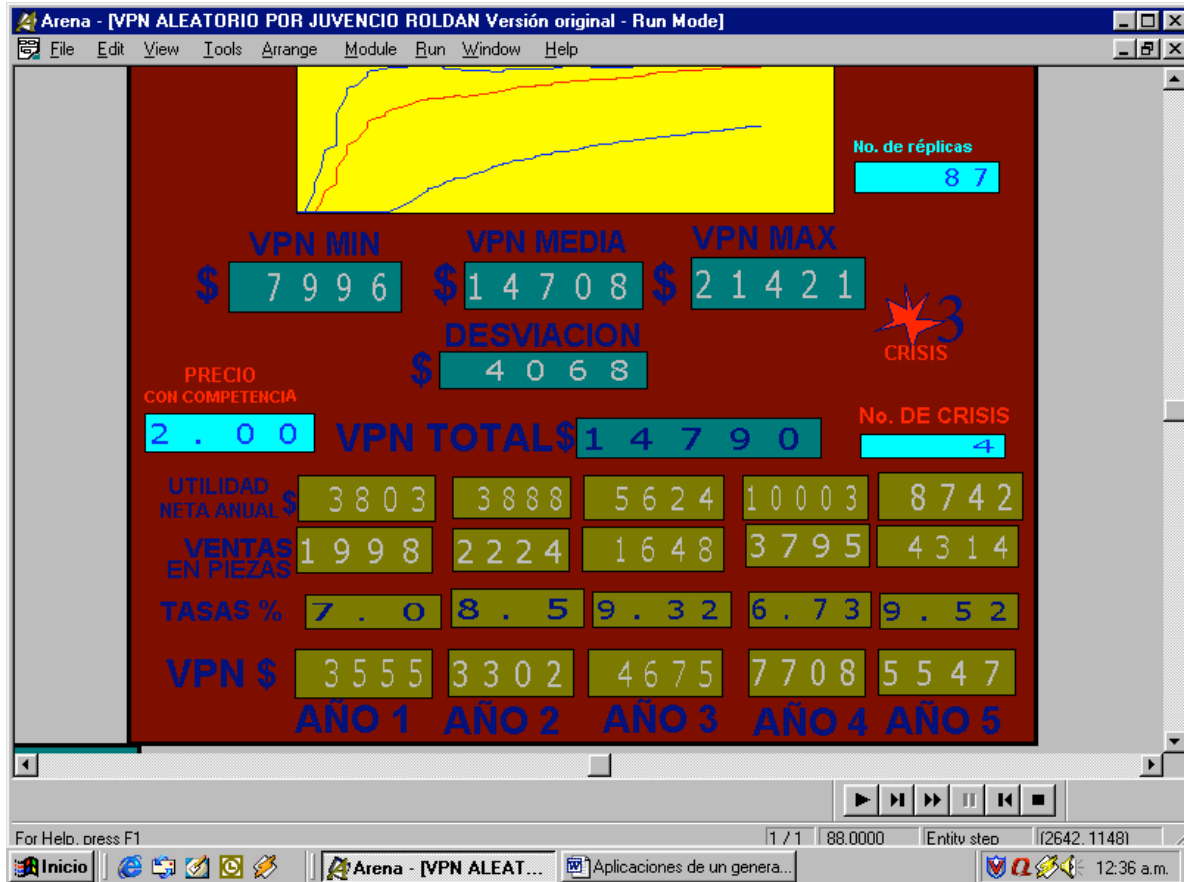


Fig.3

En esta réplica, se presenta la probabilidad de que entre competencia al sector, ocasionando una baja en el precio a \$2.00 del tercer año en adelante con efectos en la utilidad neta anual. Eso no es fácil de apreciar a simple vista, pero el simulador nos presenta un aviso de que la situación se está dando en esa réplica.

Se presentó además una crisis en el año 3, ocasionando que las ventas de dicho año, que deberían de fluctuar entre las 2,500 y 3,450 unidades bajen hasta 1,648. Por supuesto que todo se refleja en los ingresos y el cálculo de VPN para esa réplica.

También puede observarse cómo continúa disminuyendo la desviación y las curvas empiezan a acercarse mientras se normalizan los valores. Es fascinante ver cómo ocurre esto a gran velocidad en cuestión de segundos.

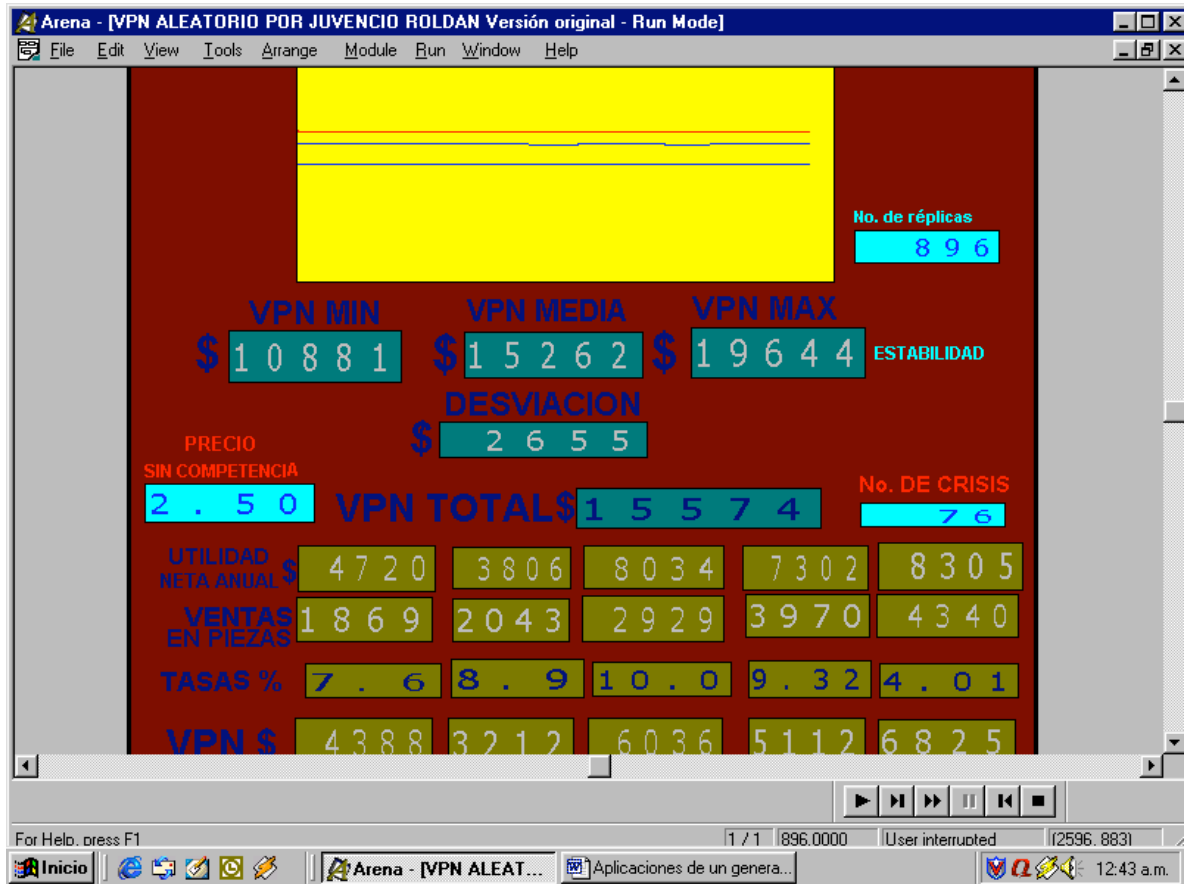


Fig. 4

En la figura 4 los datos se han casi normalizado, sin embargo, dada la velocidad a la que se generan las réplicas conviene esperar unos minutos más para lograr algunos miles de réplicas y asegurarse de que efectivamente alcanzamos el estado estacionario de nuestra simulación, como se puede observar en la última figura.

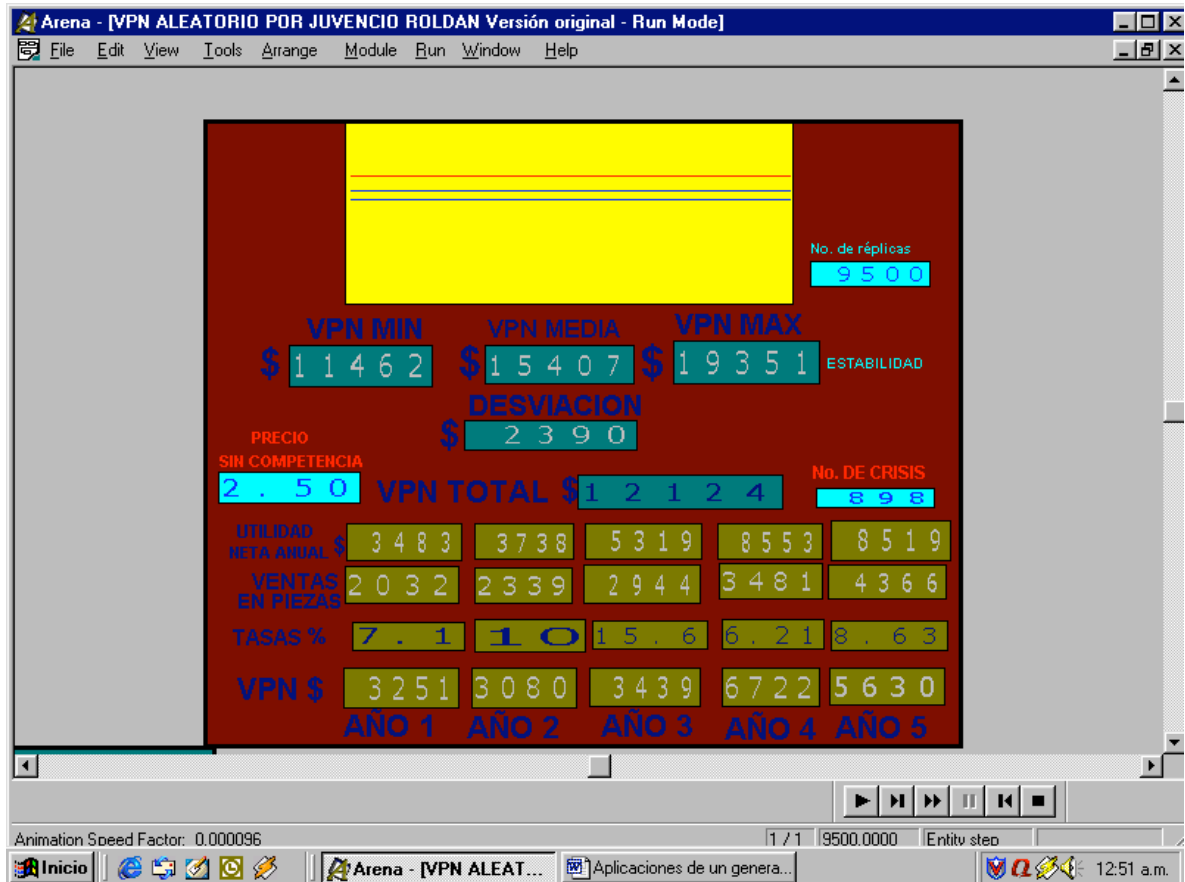


Fig.5

Después de 9500 réplicas realizadas es muy poco probable que la desviación disminuya más.

En conclusión, nuestro proyecto tendría un VPN esperado, considerando todos los eventos aleatorios que se introdujeron y un rango de confiabilidad estadístico del 90% como el que pueden ver en las ventanas correspondientes al VPN medio.

El software cuenta además con una herramienta estadística que a partir de un simple conjunto de valores muestreados indica qué distribución de probabilidad se ajusta mejor a esos datos aleatorios y qué parámetros debe dar al modelo, de tal modo que no se necesita ser un genio matemático o de la programación para poder aprovechar la técnica.

La elaboración de un modelo como este, -que en realidad no es muy complejo- requiere de algunas horas, y las modificaciones a las variables toman unos cuantos minutos, al igual que la corrida. Sin embargo, puede ser un aliado bastante útil en su toma de decisiones financieras u operativas. ¿No le gustaría utilizar una herramienta tan poderosa y sencilla como apoyo y tener mayor certidumbre?

**Ing. Mtro. Juvenicio Roldán Rivas**

Profesor investigador del colegio de ingeniería industrial de la B. Universidad Autónoma de Puebla y consultor en productividad y capacitación.