

# Matemáticas discretas II

## Principios básicos del conteo

[carlos.andres.delgado@correounivalle.edu.co](mailto:carlos.andres.delgado@correounivalle.edu.co)

Carlos Andrés Delgado S.

Facultad de Ingeniería. Universidad del Valle

Agosto 2017



# Contenido

- 1 Introducción
- 2 Regla del producto
- 3 Regla de la suma
- 4 Problemas de recuento más complicados
- 5 El principio de inclusión-exclusión
- 6 Diagramas de árbol
- 7 Ejercicios

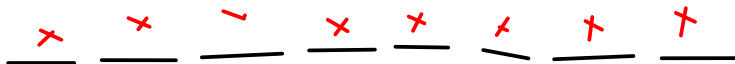
# Contenido

- 1 Introducción
- 2 Regla del producto
- 3 Regla de la suma
- 4 Problemas de recuento más complicados
- 5 El principio de inclusión-exclusión
- 6 Diagramas de árbol
- 7 Ejercicios

# Introducción

## Introducción

Al crear una contraseña para su correo electrónico. Han pensado lo siguiente: Si nuestra contraseña tiene 8 dígitos alfanuméricos ¿Cuántas posibles combinaciones de contraseñas existen?.



$$62^8 =$$

# Introducción

## Introducción

Existen dos principios básicos de combinatoria: **Regla del producto** y **Regla de la suma**

# Contenido

- 1 Introducción
- 2 Regla del producto
- 3 Regla de la suma
- 4 Problemas de recuento más complicados
- 5 El principio de inclusión-exclusión
- 6 Diagramas de árbol
- 7 Ejercicios

# Regla del producto

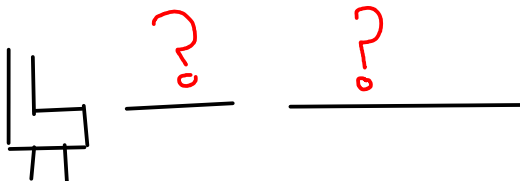
## Regla del producto

Supongamos una tarea se puede dividir en dos tareas consecutivas. Si hay  $n_1$  formas de realizar la primera y  $n_2$  formas de realizar la segunda, entonces hay  $n_1 n_2$  formas de realizar la tarea.

# Regla del producto

## Ejemplo 1

Se quiere etiquetar las butacas de un asistente con una letra y un número entero positivo menor o igual a 100. ¿Cual es el máximo número de butacas que se puede asignar con la etiqueta disponible?.





# Regla del producto

## Solución

El proceso consiste en dos tareas:

- 1 Asignar una de las 26 letras del alfabeto.
- 2 Asignar uno de los 100 posibles números.

# Regla del producto

## Solución

Según la regla de producto:

Existen  $26 * 100 = 2600$  formas de etiquetar una butaca.

## Ejemplo 2

En una sala hay 32 ordenadores. Cada ordenador tiene 24 puertos.  
¿Cuántos puertos diferentes hay en la sala?

- 1) ¿Cuántas tareas existen en el problema?
  - a) Escoger el computador (32 posibilidades)
  - b) Escoger el puerto (24 puertos)

# Regla del producto

## Solución

El proceso consiste en dos tareas:

- 1 Seleccionar un ordenador.
- 2 Seleccionar un puerto en dicho ordenador.

# Regla del producto

## Solución

El proceso consiste en dos tareas:

- 1 Hay 32 posibles elecciones de ordenador.
- 2 Hay 24 posibles elecciones de puerto.

# Regla del producto

## Solución

Según la regla de producto:  
Existen  $32 * 24 = 768$  puertos.

# Regla del producto

## Anotación

La regla del producto se puede extender a más de dos tareas. Suponga que una tarea requiere realizar sucesivamente  $T_1, T_2, \dots, T_m$  veces. Si cada tarea  $T_i$  puede realizarse de  $n_i$  formas entonces hay  $n_1 * n_2 * \dots * n_m$  formas de completar la tarea.

# Regla del producto

## Ejemplo 3

¿Cuántas cadenas de bits diferentes hay con longitud 7?



# Regla del producto

## Solución

Analicemos: Cada bit en la cadena puede tener un valor de 0 o 1, es decir que existen 2 formas de elegir cada bit en la cadena.

# Regla del producto

## Solución

Aplicando la regla del producto sucesivamente se obtiene la siguiente relación:  $2 * 2 * 2 * 2 * 2 * 2 * 2 = 2^7 = 128$  cadenas de bits diferentes con longitud 7.

# Regla del producto

Números van del 0 y 9

## Ejemplo 4

¿Cuántas matriculas están disponibles si cada una contiene una serie de tres letras seguidas de tres dígitos?.

$$\begin{array}{cccccc} \underline{26} & \underline{26} & \underline{26} & \underline{10} & \underline{10} & \underline{10} \\ & & 26^3 \times 10^3 & & & \end{array}$$

# Regla del producto

## Solución

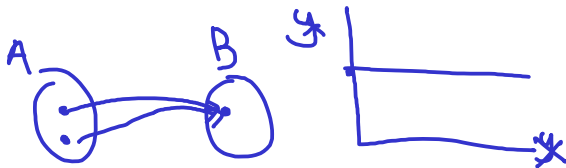
Analicemos: Hay 26 posibilidades para cada una de las tres letras y diez posibilidades para cada uno de los tres dígitos.

# Regla del producto

## Solución

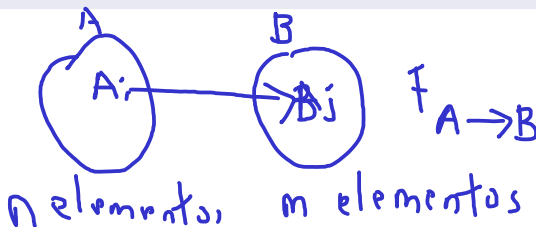
Aplicando la regla del producto sucesivamente se obtiene la siguiente relación:  $26 * 26 * 26 * 10 * 10 * 10 = 17576000$  posibles matriculas.

# Regla del producto



## Ejemplo 5

¿Cuántas funciones se pueden definir de un conjunto de  $m$  elementos (dominio) a otro conjunto  $n$  elementos (imagen)?.



# Regla del producto

## Solución

Analicemos: Una función se corresponde con la elección de uno de los  $m$  elementos del conjunto imagen para cada uno de los  $n$  elementos del dominio.

# Regla del producto

## Solución

Aplicando la regla del producto sucesivamente se obtiene la siguiente relación:  $n * n * n * \dots * n * n = n^m$  posibles funciones.



# Regla del producto



## Solución

¿Según lo visto anteriormente cuántas funciones existen desde un conjunto de 4 en otro conjunto de 6 elementos?

## Solución

Existen 46 posibles funciones

# Regla del producto

## Solución

¿Según lo visto anteriormente cuantas funciones existen desde un conjunto de 4 en otro conjunto de 6 elementos?

## Solución

Existen  $4^6$  posibles funciones

# Contenido

- 1 Introducción
- 2 Regla del producto
- 3 Regla de la suma**
- 4 Problemas de recuento más complicados
- 5 El principio de inclusión-exclusión
- 6 Diagramas de árbol
- 7 Ejercicios

# Regla de la suma

## Definición

Si una primera tarea se puede realizar de  $n_1$  formas y una segunda tarea se puede realizar de  $n_2$  formas, y si las dos tareas son incompatibles, entonces hay  $n_1 + n_2$  formas de realizar una de las dos tareas.

# Regla la suma

## Ejemplo 1

Para elegir un representante para la Universidad del Valle Sede Tulua, una comisión puede elegir a un profesor o a un estudiante de doctorado. Existen 37 profesores y 83 estudiantes de doctorado.

# Regla la suma

## Solución

Analicemos: Podemos dividir esta tarea en dos:

- 1 Se puede elegir un profesor, lo que puede hacer de 37 formas distintas.
- 2 Se puede elegir un estudiante de doctorado, lo que se puede hacer de 83 formas distintas.

# Regla la suma

## Solución

Por lo que aplicando la regla de la suma se puede elegir un representante para Univalle de  $37 + 83$  formas posibles.

# Regla la suma

## Anotación

La regla de la suma se puede extenderse a más de dos tareas. Suponga que una tarea se puede dividir en  $T_1, T_2, \dots, T_m$  tareas independientes y cada tarea  $T_i$  se puede realizar de  $n_i$  formas entonces existe  $n_1 + n_2 + \dots + n_m$  formas de completar la tarea.



# Regla la suma

## Ejemplo 2

Un estudiante puede elegir un proyecto de trabajo de entre tres listas. Cada una de las listas contiene respectivamente 23, 15 y 19 propuestas de trabajo. ¿Cuántos posibles proyectos tiene el estudiante para elegir?.



# Regla la suma

## Solución

Analicemos: De la primera lista puede elegir 23 formas distintas de trabajo. De la segunda lista puede elegir 15 formas de trabajo y de la tercera lista puede elegir 19 formas de trabajo.

# Regla la suma

## Ejemplo 2

De acuerdo a la regla de la suma existe  $23 + 15 + 19 = 57$  proyectos para elegir

# Contenido

- 1 Introducción
- 2 Regla del producto
- 3 Regla de la suma
- 4 Problemas de recuento más complicados**
- 5 El principio de inclusión-exclusión
- 6 Diagramas de árbol
- 7 Ejercicios

# Problemas de recuento

## Definición

Muchos problemas de recuento no se pueden resolver utilizando sólo las reglas de la suma ni del producto. Sin embargo, es posible utilizar ambos principios de forma simultanea de ambos principios para solucionarlos.

# Problemas de recuento

## Ejemplo 1

En una versión del lenguaje **UV-KILL**, el nombre de una variable es una cadena de **uno o dos caracteres alfanuméricos** y las letras mayúsculas o minúsculas no se distinguen. El nombre de la variable debe comenzar por una letra y debe ser diferente de las cinco cadenas de dos caracteres que esta reservadas en el lenguaje ¿Cuántos nombres de variables distintos son posibles?

1) Identificar tareas

t1 seleccionar una letra  
un alfanumerico

t2) Seleccionar

Tenemos V1 cómo el número de variables de una letra

Tenemos v2 como el número variables de dos caracteres

En el caso de v1, tenemos 26 posibilidades de nombres de variables

En el caso de v2, tenemos 26 (letras) y 36 (alfanumericos) -->  $26 + 26*36 - 5$

Total variables.  $26 + 26*36 - 5$

# Problemas de recuento

## Solución

Sea  $V$  el número de variables disponibles. Sea  $V_1$  el número de variables compuestas por sólo un carácter y  $V_2$  el número de variables compuesta por dos caracteres.



# Problemas de recuento

## Solución

- $V_1$  es 26 debido a que sólo puede ser una letra.
- $V_2$  debe ser  $26 * 36$  debido es la forma de generar el nombre de una variables de dos caracteres.
- Sin embargo, cinco de ellas están excluidas por lo que  
 $V_2 = 26 * 36 - 5 = 931$

# Problemas de recuento

## Solución

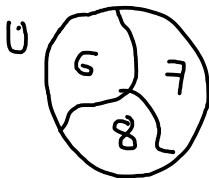
Entonces el número de variables en el lenguaje es:

$$V_1 + V_2 = 26 + 931 = 957 \text{ nombres posibles de variables.}$$

# Problemas de recuento

## Ejemplo 2

Cada usuario de un ordenador tiene una contraseña, que tiene una longitud entre seis y ocho caracteres, cada uno de los cuales es un dígito o una letra mayúscula. Cada contraseña debe contener al menos un dígito ¿Cuántas contraseñas distintas admite el sistema?



# Problemas de recuento

## Solución

Sea  $P$  el número total de contraseñas y sean  $P_6, P_7$  y  $P_8$  respectivamente las contraseñas de longitud 6, 7 y 8.

## Solución

Para calcular  $P_6, P_7$  y  $P_8$ , lo mejor es realizar la diferencia entre todas las cadenas válidas de longitud 6, 7 o 8 y restarlas con las que no son válidas.

# Problemas de recuento

Regla del producto

Solución

$$\begin{aligned} \blacksquare P_6 &= 36^6 - 26^6 = 1867866560 \\ \blacksquare P_7 &= 36^7 - 26^7 = 70332353920 \\ \blacksquare P_8 &= 36^8 - 26^8 = 2612282842880 \end{aligned}$$

Solución

$$\text{Finalmente, } P_6 + P_7 + P_8 = 2684483063360$$

Regla de la suma

Si hago p6, no puedo hacer p7 ni p8

# Contenido

- 1 Introducción
- 2 Regla del producto
- 3 Regla de la suma
- 4 Problemas de recuento más complicados
- 5 El principio de inclusión-exclusión**
- 6 Diagramas de árbol
- 7 Ejercicios

# Problemas de recuento

## Definición

Cuando dos tareas se pueden realizar simultáneamente, no se puede utilizar la regla de la suma o el producto para contar las maneras en que se pueden realizar las tareas, pues estaremos contando dos veces las tareas.

# Problemas de recuento

## Definición

Para solucionar este problema de contar las tareas simultaneas, se suman las maneras de realizar cada tarea y luego se restan las formas de realizar las dos formas simultáneamente. Esta técnica es conocida como el **principio de inclusión-exclusión**



# Problemas de recuento

1 2 2 2 2 2 2 2 2 7

t<sub>1</sub>. Cadenas inicien en 1

t<sub>2</sub>. Cadenas en terminan en 00 2 2 2 2 2 2 1 1 2 6

## Ejemplo 1

¿Cuántas cadenas de bits que tengan longitud ocho y que bien comiencen con un 1 o bien terminen con 00?

Entendamos el problema

1 2 2 2 2 2 2 1 1  
2 5

- 1) Cadenas de longitud 8 que inicien 1
- 2) Cadenas de longitud 8 que terminen 00

$$2^7 + 2^6 - 2^5$$

# Problemas de recuento

## Solución

Análisis, las tareas de nuestro problema son:

- Una tarea es construir una cadena de 8 bits que comience en 1.
- Existe una segunda tarea que consiste en construir una cadena de 8 bits que termine en 00.

# Problemas de recuento

## Solución

Para la primera tarea se tiene que:

$1 * 2 * 2 * 2 * 2 * 2 * 2 * 2 = 2^7 = 128$  Formas de construir una cadena de longitud ocho que inicia en 1, aplicando la regla de la multiplicación.

# Problemas de recuento

## Solución

Para la segunda tarea se tiene que:

$2 * 2 * 2 * 2 * 2 * 2 * 1 * 1 = 2^6 = 64$  Formas de construir una cadena de longitud ocho que termina en 00, aplicando la regla de la multiplicación.

# Problemas de recuento

## Solución

Ahora debemos analizar lo siguiente, las dos tareas simultáneamente, es decir construir una cadena que comience en 1 y termine en 00 se puede hacer:

$1 * 2 * 2 * 2 * 2 * 2 * 1 * 1 = 2^5 = 32$  formas posibles.

# Problemas de recuento

## Solución

Por lo tanto, el número de cadenas de 8 bits que pueden construir que inician en 1 y terminan en 00 se puede hacer:

$128 + 64 - 32 = 160$  Formas posibles.

$$2^7 + 2^6 - 2^5$$

Quiero que cuenten las cadenas (bits) de longitud 6, 7, 8 o 9

P1) Inician en 11 y terminan en 000

P2) Inician en 11 o terminan en 000

P3) Inician en 11 o terminan en 000, pero no cumplen ambos

---

P1)

C6

C7

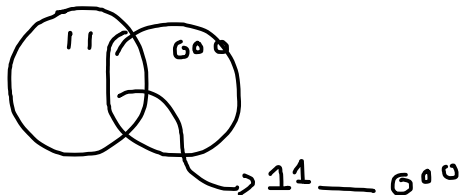
C8

C9

$$2 + 2^2 + 2^3 + 2^4$$

30

P2) Inician en 11 o terminan en 000



$$\begin{array}{r}
 C_6 \\
 2^4 \\
 2^3 \\
 \underline{-2} \\
 22
 \end{array}
 +
 \begin{array}{r}
 C_7 \\
 2^5 \\
 2^4 \\
 2^2 \\
 \underline{\quad} \\
 41
 \end{array}
 +
 \begin{array}{r}
 C_8 \\
 2^6 \\
 2^5 \\
 2^3 \\
 \underline{\quad} \\
 88
 \end{array}
 +
 \begin{array}{r}
 C_9 \\
 2^7 \\
 2^6 \\
 2^4 \\
 \underline{\quad} \\
 176
 \end{array}
 = 330$$



P3) Inician en 11 o terminan en 000, pero no cumplen ambos

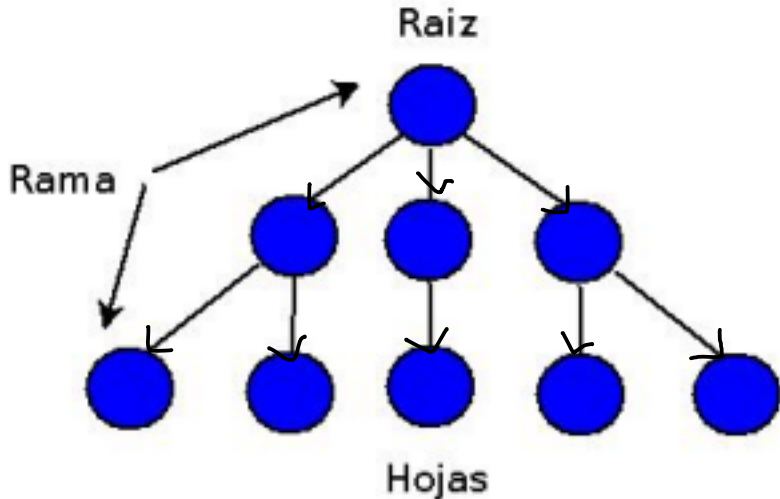
$t_{11}$        $t_{000}$

C6	C7	C8	C9
$t_{11} 2^4 - 2$	$2^5 - 2^2$	$2^6 - 2^3$	$2^7 - 2^4$
$t_{000} 2^3 - 2$	$2^4 - 2^2$	$2^5 - 2^3$	$2^6 - 2^4$
20	40	80	160
300			

# Contenido

- 1 Introducción
- 2 Regla del producto
- 3 Regla de la suma
- 4 Problemas de recuento más complicados
- 5 El principio de inclusión-exclusión
- 6 Diagramas de árbol**
- 7 Ejercicios

# Diagramas en árbol



# Diagramas en árbol

## Definición

Algunos problemas se pueden solucionar utilizando diagramas de árbol. Un árbol está formado por una raíz y un determinado número de ramas que parten de la raíz. Los resultados posibles están representados por las hojas del árbol, que son los extremos de las ramas.

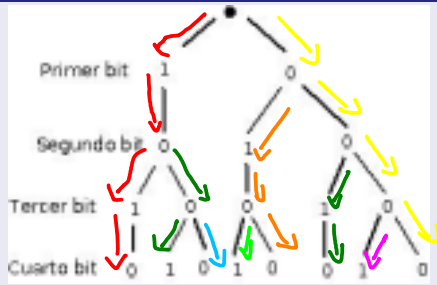
# Diagramas en árbol

## Ejemplo 1

¿Cuántas cadenas de longitud cuatro no tienen dos unos consecutivos?

# Diagramas en árbol

## Solución



## Solución

De acuerdo al anterior árbol las posibles soluciones son:  
0101,1001,0001,1010,0010,0100,1000,0000

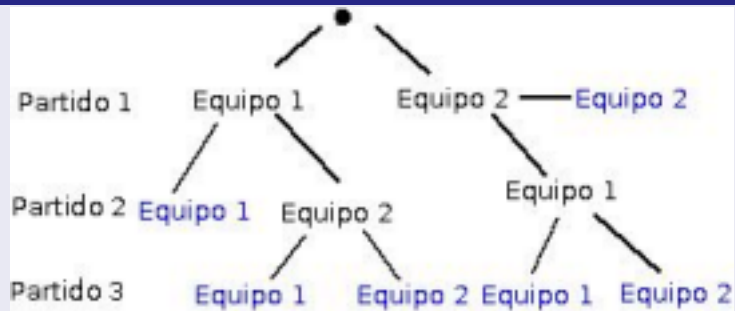
# Diagramas en árbol

## Ejemplo 2

Un torneo entre dos equipos consiste en lo más de tres partidos, el primer equipo que gane dos partidos resulta vencedor

# Diagramas en árbol

## Solución





# Diagramas en árbol

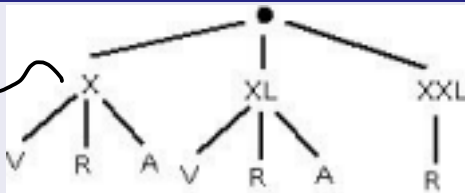
## Ejemplo 3

Supongamos que un modelo de camiseta se fabrica en 3 tallas diferentes: X, XL y XXL. Cada camisa se fabrica en tres colores: Verde, Rojo y Azul. Excepto para la talla XXL que sólo se fabrica en rojo. ¿Cuántas camisetas diferentes debe haber?

# Diagramas en árbol

## Solución

falla  
colores



# Contenido

- 1 Introducción
- 2 Regla del producto
- 3 Regla de la suma
- 4 Problemas de recuento más complicados
- 5 El principio de inclusión-exclusión
- 6 Diagramas de árbol
- 7 Ejercicios**

## Ejercicio 1

En Univalle hay 18 estudiantes de matemáticas y 325 de Ingeniería de Sistemas

- ¿De cuantas formas se pueden escoger dos representantes, uno de ellos sea estudiante de matemáticas y el otro sea de Ingeniería de Sistemas?
- ¿De cuantas maneras se puede escoger un representante que sea estudiante de matemáticas o Ingeniería de Sistemas?.

## Solución

- Para la primera pregunta, la elección se puede tratar como dos tareas separadas:  $T_1$  elegir representante matemáticas y  $T_2$  elegir representante Ingeniería de Sistemas, por lo que aplicamos regla del producto:  $18 * 325 = 5850$  formas de elegir los dos representantes.
- Para la segunda pregunta, la elección se puede tratar como una tarea dependiente, es decir se puede aplicar regla de la suma  $18 + 325 = 343$ .

## Ejercicio 2

Un cuestionario tiene diez preguntas, cada una tiene cuatro posibles respuestas:

- ¿De cuantas formas puede contestar un estudiante al cuestionario si responde todas las preguntas?
- ¿De cuantas formas puede contestar un estudiante al cuestionario si puede dejar preguntas sin contestar?.

## Solución

- Para la primera pregunta, se aplicará regla del producto al cuestionario por lo que tendríamos

$$4 * 4 * 4 * 4 * 4 * 4 * 4 * 4 * 4 * 4 = 4^{10}.$$

- Para la segunda pregunta, se aplica que el estudiante puede responder cada pregunta con 4 posibles respuestas o no contestar, por lo que serían 5 formas. Por ende tendríamos:

$$5 * 5 * 5 * 5 * 5 * 5 * 5 * 5 * 5 * 5 = 5^{10}.$$

## Ejercicio 3

¿Cuántas cadenas de letras minúsculas existen de longitud cuatro o menor?. Existen 26 letras.



## Solución

Es necesario examinar el número de cadenas de 0,1,2,3 y 4 de longitud que corresponden a  $P_1, P_2, P_3, P_4$  por lo que sería:

- $P_0 = 1$
- $P_1 = 26$
- $P_2 = 26 * 26 = 676$
- $P_3 = 26 * 26 * 26 = 17576$
- $P_4 = 26 * 26 * 26 * 26 = 456976$
- $P_0 + P_1 + P_2 + P_3 + P_4 = 475255$

## Ejercicio 4

De los enteros entre 100 y 999, ambos inclusive:

- ¿Cuántos son divisibles por 7?
- ¿Cuántos son impares?
- ¿Cuántos tienen los tres dígitos iguales?
- ¿Cuántos no son divisibles por 4?
- ¿Cuántos son divisibles por 3 o 4?
- ¿Cuántos bien no son divisibles por 3 o bien no son divisibles por 4?.
- ¿Cuántos son divisibles por 3, pero no son divisibles por 4?
- ¿Cuántos son divisibles por 3 y por 4?



# Ejercicios

## Ejercicio 4

¿Cuántos son divisibles por 7?

Se realiza esta operación  $\lfloor \frac{900}{7} \rfloor = 128$ . Observe que hay 900 números entre 100 y 999.

## Ejercicio 4

¿Cuántos son impares?

Son aquellos que no son divisibles por 2 entonces, primero calculamos los divisibles por 2  $\lfloor \frac{900}{2} \rfloor = 449$ . Y luego restamos es número del total:  $999 - 100 - 449 = 450$ .

## Ejercicio 4

¿Cuántos tienen los tres dígitos iguales?

En este caso se realiza de la siguiente manera: Tenemos tres dígitos, si incluyes un dígito los otros deben ser iguales, entonces al tener 9 posibles dígitos debido a que el 0 no es una posible solución obtenemos  $9 * 1 * 1 = 9$ .

## Ejercicio 4

¿Cuántos no son divisibles por 4?

Son aquellos que no son divisibles por 4 entonces calculamos los divisibles por 4  $\lfloor \frac{900}{4} \rfloor = 225$ . Entonces:  $900 - 224 = 675$ .

## Ejercicio 4

¿Cuántos son divisibles por 3 o 4?

Se parte en dos tareas, lo que se realiza es calcular los divisibles por 3 y 4, luego sumar los que son divisibles por ambos y luego restar los que son divisibles por ambos al tiempo. Divisibles por 3  $\lfloor \frac{900}{3} \rfloor = 300$ , divisibles por 4  $\lfloor \frac{900}{4} \rfloor = 225$  y por ambos  $\lfloor \frac{900}{12} \rfloor = 75$ . Entonces finalmente se tiene  $300 + 225 - 75 = 450$ .

## Ejercicio 4

¿Cuántos bien no son divisibles por 3 o bien no son divisibles por 4?.

En este caso calculamos los que no son divisibles por 3, luego los que no son divisibles por 4 y luego los que no son divisibles por ellos. Como estamos contando dos veces los que no son divisibles por 3 y 4 es necesario restar de la cuenta a los que no son por ambos.

- No divisibles por 3:  $900 - 300 = 600$
- No divisibles por 4:  $900 - 225 = 675$
- No divisibles por 12:  $900 - 75 = 825$ .
- Finalmente  $600 + 675 - 825 = 450$



# Ejercicios

## Ejercicio 4

¿Cuántos son divisibles por 3, pero no son divisibles por 4?

Se calcula los que son divisibles por 3, luego los que son divisibles por 3 y 4, los valores son respectivamente 300 y 75 la fórmula a calcular es  $300 - 75 = 225$  ya que son excluyentes.

## Ejercicio 4

¿Cuántos son divisibles por 3 y por 4?

En este caso se calcula los divisibles por 3 y 4 es decir con 12 por lo que se tiene un total de 75 número de acuerdo a los datos anteriores.

## Ejercicio 4

De cuantas maneras puede un fotógrafo de boda ordenar un grupo de 6 personas sí:

- ¿Los novios deben salir juntos en la foto?
- ¿Los novios no pueden salir juntos en la foto?
- ¿La novia sólo puede salir a la izquierda del novio?

Para entender el problema, intenta ubicar las personas sin restricciones



## Ejercicio 4

Para ubicar las personas tomamos las posiciones que puede tomar cada persona, la primera que ingresa puede ubicarse de 6 formas, la que sigue en 5 y la siguiente en 4 y así sucesivamente, por lo que las formas posibles para ubicar la foto es:  $5 * 4 * 3 * 2 * 1 = 720$ .

## Ejercicio 4

¿Los novios deben salir juntos en la foto? En este caso se considera el novio y la novia como un sola persona por lo que existen  $5 * 4 * 3 * 2 * 1 = 120$  formas de ordenar las personas en la foto, sin embargo es necesario considera el orden en que están los novios, entonces multiplicamos por 2 este valor obteniendo 240 formas de ordenar las personas en la foto.

## Ejercicio 4

¿Los novios no pueden salir juntos en la foto? En este caso restamos los casos donde los novios salen juntos, con el total posibles formas de acomodar las personas en la foto:

$$720 - 240 = 480.$$

## Ejercicio 4

¿La novia sólo puede salir a la izquierda del novio? Si se analiza detenidamente en todas las formas posibles la novia esta a la derecha o izquierda del novio, si solo se toma la izquierda hablamos de la mitad del total de posibilidades entonces existen  $720/2 = 360$  formas de que la novia salga a la izquierda del novio.



Kenneth H. Rosen.

*Discrete Mathematics and Its Applications.*

McGraw-Hill Higher Education, 7th edition, 2011.

Chapter 6.

# Gracias

Próximo tema:  
Combinatorias y permutaciones.