

a presiones laterales ocasionadas por formaciones inestables). Puesto que la resistencia que una rejilla opone a estos dos esfuerzos es directamente proporcional al módulo de elasticidad del metal de que se ha fabricado, una rejilla construida con un metal resistente como el acero o el acero inoxidable (módulo de elasticidad de 30×10^6 libras por pulgada cuadrada) tendrá una resistencia dos veces mayor que una construida de una aleación de cobre (módulo de elasticidad de 15×10^6 libras por pulgada cuadrada) si las dimensiones de los elementos que forman la rejilla permanecen idénticas.

Por consiguiente, algunas veces se construyen rejillas de acero inoxidable en lugar de bronce "Everdur" para satisfacer requisitos de resistencia. Sin embargo, en casos donde la calidad del agua es tal que hace que el material requerido sea bronce "Everdur", se pueden satisfacer los requisitos de resistencia construyendo la rejilla con mayor número de miembros verticales, si se desea mayor resistencia contra el esfuerzo de columna; y colocando miembros horizontales más gruesos si se requiere mayor resistencia contra las presiones laterales. Sobrediseñar las rejillas para que tengan una resistencia innecesariamente alta es una práctica inconveniente porque iría en mengua del área abierta de la rejilla. No debe olvidarse que el propósito de la rejilla es permitir la entrada del agua al pozo con las pérdidas por fricción reducidas a un mínimo.

Por consiguiente la rejilla debe tener resistencia adecuada para soportar los esfuerzos a que se le someta; pero siempre tratando de lograr que el área abierta sea un máximo. Las rejillas para pozos

Metales utilizados en la fabricación de rejillas, y sus ventajas

Nombre del metal	Análisis	Factor de Costo	Recomendado para
MONEL	70% níquel 30% cobre	1.15	Grandes cantidades de cloruro de sodio combinado con oxígeno disuelto, tal como agua salada. Usualmente no necesita instalarse en pozo para agua potable.
SUPER NIQUEL	70% cobre 30% níquel	1.2	Casos como el anterior, pero con aguas no tan corrosivas.
EVERDUR	96% cobre 3% silicón 1% manganeso	1.0	Dureza total muy alta, altos contenidos de cloruro de sodio (sin oxígeno disuelto presente). Alto contenido de hierro. Es el metal más usado para pozos municipales e industriales. Es extremadamente resistente al tratamiento con ácido.
ACERO INOXIDABLE	74% acero 18% cromo 8% níquel	1.0	Sulfuro de hidrógeno. Oxígeno disuelto. Dióxido de carbono. Bacterias ferruginosas. Resistencia. Ocupa el segundo lugar, después del everdur, en el uso para pozos municipales e industriales.
LATON COBRIZO SILICICO	83% cobre 15% zinc 1% silicón	0.9	Tiene los mismos usos que el everdur, pero no es tan bueno ni tan resistente. Se usa en aguas relativamente inactivas.
HIERRO "ARMCO"	99.84% hierro puro (doblemente galvanizado)	0.6	No es resistente a la corrosión, pero la experiencia indica que funciona satisfactoriamente en algunas áreas. Se usa para pozos de irrigación en zonas donde las aguas son relativamente neutras.
ACERO	99.35/99.72% hierro 0.08/0.15% carbón 0.20/0.50% manganeso (doblemente galvanizado.)	0.5	No es resistente a la corrosión. Generalmente se usa en pozos provisionales como pozos de prueba o pozos de drenaje. Sin embargo, ha dado duración satisfactoria en algunas áreas del Sur-Oeste de los Estados Unidos donde las aguas no son ni corrosivas ni incrustantes.

se hacen por lo general de siete diferentes metales. La tabla 4, ha sido preparada de tal manera que el diseñador pueda escoger fácilmente el metal que llene los requisitos del pozo en consideración.

Diseño de pozos con "Empaques" de Grava.-

Los pozos con empaques o filtros de grava difieren de los desarrollos naturalmente, en que la zona inmediata a la rejilla se hace más permeable removiendo todo el material que existía y reemplazándolo con material más grueso traído de otro lugar en vez de remover solamente el material fino de la zona adyacente a la rejilla para aumentar la permeabilidad. En ambos casos el resultado desde el punto de vista hidráulico es el mismo; un aumento en el diámetro efectivo del pozo.

Ya hemos dicho que en los pozos desarrollados naturalmente la abertura de la ranura de la rejilla se escoge de manera tal que retenga un 60% de la formación natural, y que pase el 60% durante el proceso de desarrollo. En los pozos con empaques de grava se escoge una grava que retenga prácticamente todo el material de la formación, y luego se escoge una rejilla capaz de retener la grava. Usualmente (pero no siempre) es más costoso construir un pozo con empaque de grava que uno desarrollado naturalmente; por consiguiente, los pozos desarrollados naturalmente, deben preferirse en la mayoría de los casos. Sin embargo, existen condiciones donde el empaque de grava es más conveniente por lo que debe considerarse su construcción, a pesar de que el costo inicial sea mayor.

Situaciones favorables para la Construcción de Empaques o Filtros de Grava.-

1.- Arena fina uniforme.- En formaciones de este tipo es muy conveniente considerar el uso de empaques de grava porque debe usarse una abertura mayor en las ranuras de las rejillas lo que a su vez proporciona una mayor area libre. Las rejillas con abertura muy pequeña se caracterizan por su bajo porcentaje de area libre. Generalmente, si la abertura de la ranura escogida con base en un desarrollo natural, es menor de 0.010 pulgadas (No. 10) vale la pena considerar el uso de un empaque de grava. Lo anterior puede variar, según sea el contenido de minerales del agua subterránea. Si el agua es extremadamente incrustante el límite de 0.010 pulgadas debe subirse a 0.015 o 0.020 pulgadas. Por otra parte, en algunas áreas tales como las planicies cercanas a las costas del Golfo, en el Sur de los Estados Unidos, pozos desarrollados naturalmente, han sido equipados con rejillas de abertura tan pequeña como 0.006 pulgadas porque se consideró que ese era el mejor diseño.

2.- Acuíferos artesianos gruesos.- Es este tipo de acuífero que requiere una rejilla de longitud muy grande, y, si el equipo de bombeo va a instalarse arriba de la rejilla (como se hace usualmente) se puede utilizar una rejilla de diámetro reducido, e instalarla en el hueco ya perforado con el espacio anular lleno de grava, en vez de utilizar una rejilla de diámetro igual al del hueco original.

3.- Areniscas pobremente cementadas.- Muchas areniscas,

que constituyen excelentes acuíferos, están pobremente cementadas y por consiguiente, si el pozo en ellas perforado es terminado como un hueco abierto, ocurre que las partículas de arena comienzan a desprenderse de las paredes, convirtiéndolo en un pozo de bombeo de arena. En vista de que la mayoría de las areniscas son de grano fino, la abertura de la ranura que sería necesaria para retener el 50% del material tendría una dimensión inferior a 0.005 pulgadas. Esta abertura de ranura está muy cerca del tamaño que puede ser fabricado en rejillas de pozos para agua. Además, este tamaño de ranura no proporcionaría mucha área abierta. El área abierta máxima que podría proporcionarse en una rejilla Johnson con este tamaño de ranura sería de un 8% del área total. Por lo tanto, en este tipo de formaciones el diseño más conveniente consiste en proveer el pozo de un empaque de grava (o de arena) en vez de construirlo y terminarlo como un pozo de desarrollo natural.

Otra razón para usar empaque de grava en una formación de arenisca se basa en el hecho de que en tales formaciones por lo general existe poco o ningún soporte lateral para la rejilla. Esto se debe a que la formación no se mantiene contra la rejilla durante el proceso de desarrollo como ocurre con las formaciones no consolidadas tales como grava y arena. Por consiguiente, se presenta un espacio vacío entre la rejilla y las paredes del hueco. En un futuro alguna porción grande de la formación podría desprenderse y caer contra la rejilla dañándola. Pero intercalando material entre la rejilla y las paredes del hueco, se elimina la posibilidad de que ocurra este hecho. La figura 8 muestra los detalles de construcción de un pozo

Situaciones favorables para la construcción de Empaques o Filtros

de Grava.

1.- Arenas finas uniformes.- En formaciones de este tipo es muy conveniente considerar el uso de empaques de grava porque debe usarse una abertura mayor en las ranuras de las rejillas lo que a su vez proporcionará mayor área libre. Las rejillas con aberturas muy pequeñas se caracterizan por su baja permeabilidad de arena libre. Generalmente, si la abertura de la ranura es de 0.010 pulgadas o más en un desarrollo natural, es menor de 0.010 pulgadas (No. 10) vale la pena considerar el uso de un empaque de grava. La rejilla puede variar, según sea el contenido de minerales del agua subterránea. Si el agua es extremadamente inorgánica el tamaño de 0.010 pulgadas debe aplicarse a 0.015 y 0.020 pulgadas. Por otra parte, en algunas áreas tales como las planicies cercanas a las costas del Golfo, en el Sur de los Estados Unidos, pozos desarrollados naturalmente, han sido equipados con rejillas de aberturas tan pequeñas como 0.008 pulgadas porque se consideró que era el mejor tamaño.

2.- Acuíferos areniscas firmes.- En este tipo de acuíferos que requieren una rejilla de ranura muy grande, y, si el espacio de bombeo va a instalarse arriba de la rejilla (como se ha observado) se puede utilizar una rejilla de diámetro reducido e instalarse en el hueco ya perforado con el espacio menor lleno de grava, en vez de utilizar una rejilla de diámetro igual al del hueco original.

3.- Areniscas pobremente cementadas.- Muchas areniscas

terminado con empaque de grava en las formaciones de arenisca Dakota y Lakota. La arenisca de Dakota es un acuífero excelente que se presenta en varios estados del medio oeste norteamericano; pero en algunas partes está pobremente cementado, y por consiguiente si los pozos se construyen sin empaque de grava se convierten en productores perennes de agua con arena.

4.- Formaciones laminadas:- algunas formaciones están constituidas por capas alternadas de material fino, mediano y grueso de poco espesor. A profundidades grandes es muy difícil determinar con precisión la localización y espesor de los estratos individuales para determinar con exactitud la longitud de cada sección en una rejilla de ranuras múltiples. En tales casos es más deseable disminuir las posibilidades de error diseñando un pozo con empaque de grava. La granulometría del material a usar en el empaque se escogería con base en las características del material más fino presente en la formación acuífera.

Un empaque de grava escogido con este criterio no limitará el flujo en las zonas de material más grueso, pues su permeabilidad será varias veces mayor que las de las capas de material más grueso. Esto se debe al hecho de que el material utilizado para hacer el empaque de grava será más uniforme y limpio que la formación natural, lo que hace que su permeabilidad sea mayor aún en el caso de que haya formaciones naturales con material más grueso.

5.- Tipo del equipo de perforación - Hasta ahora hemos dejado la impresión de que el costo de un pozo terminado con empaque de